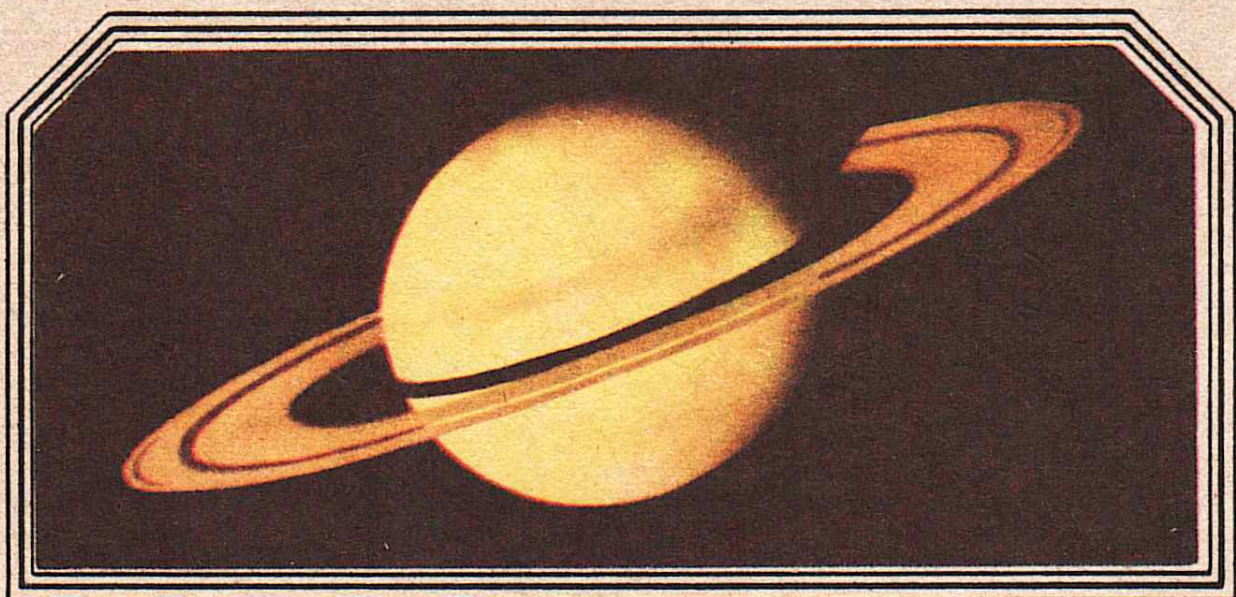




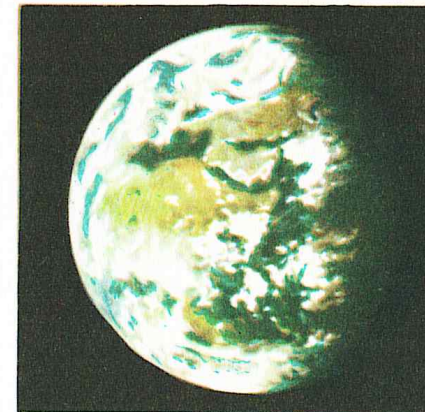
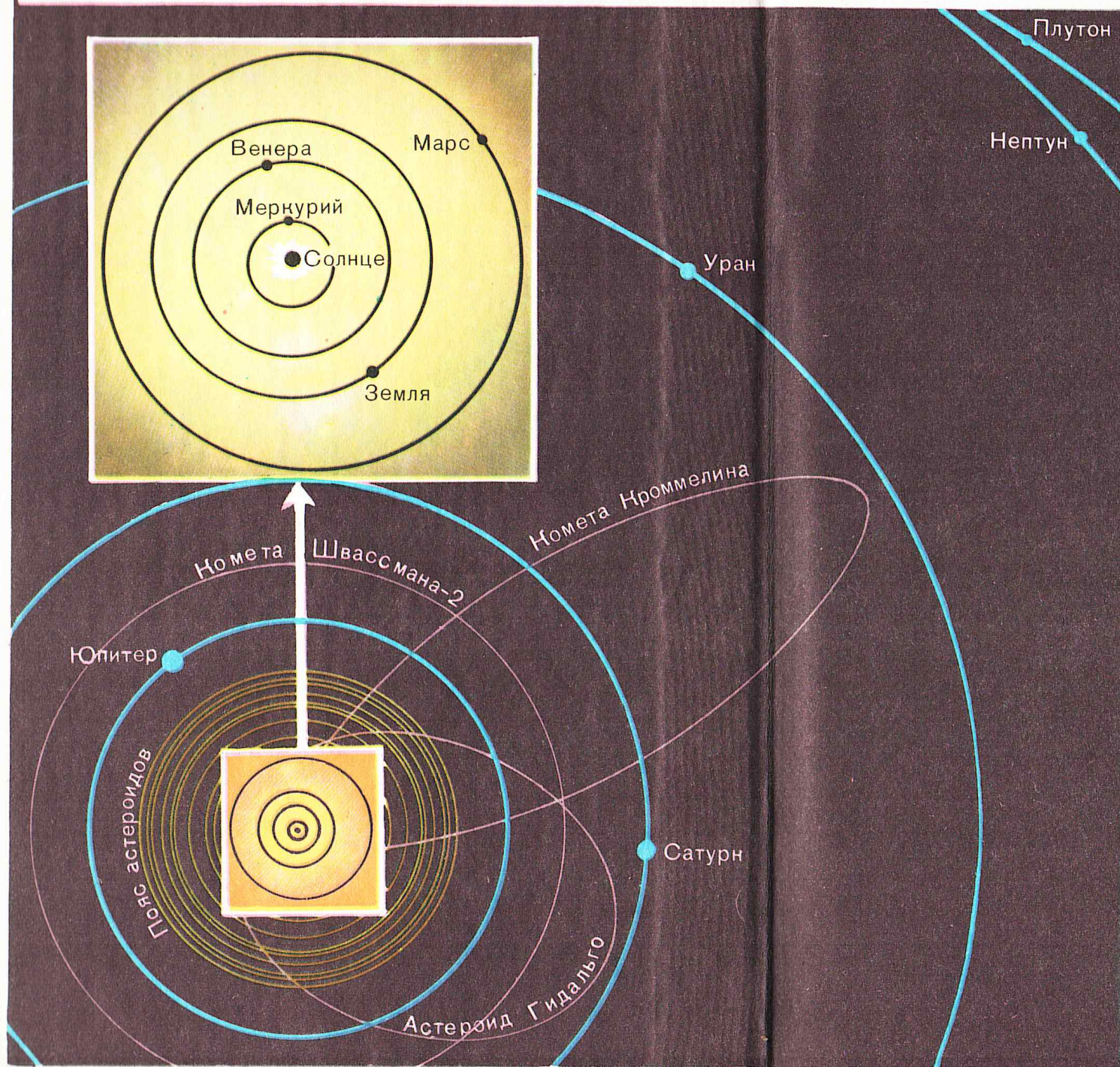
Б. А. Воронцов – Вельяминов

АСТРОНОМИЯ



10

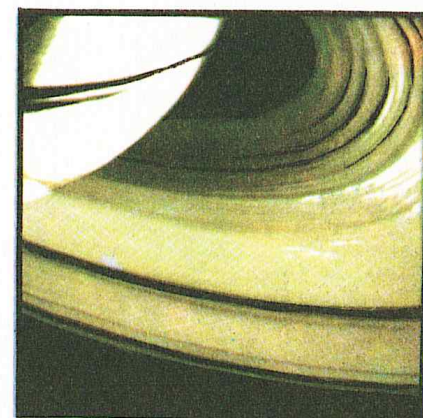
СОСТАВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ



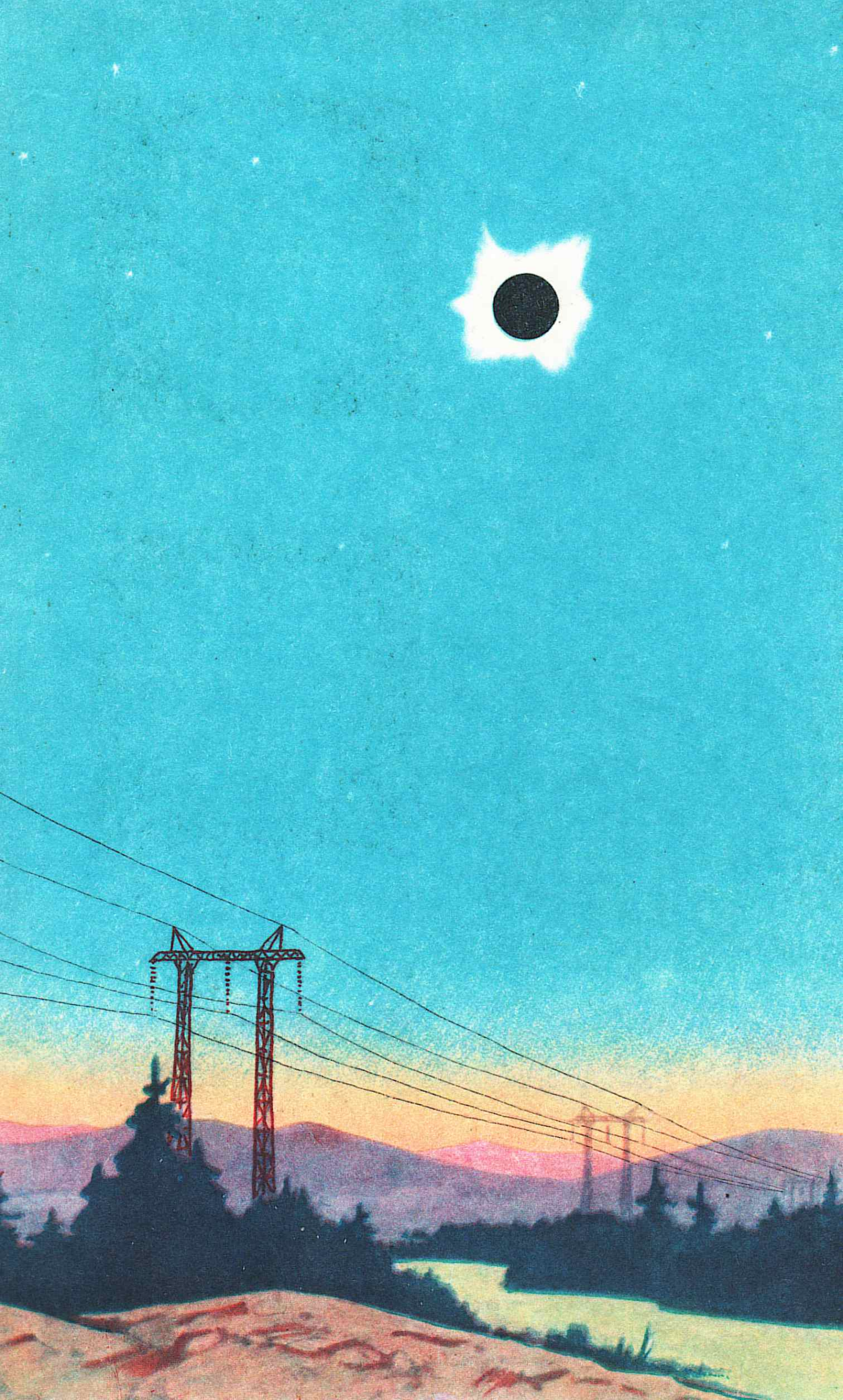
Земля



Юпитер



Кольца Сатурна



Б. А. Воронцов–Вельяминов

АСТРОНОМИЯ

10 НЧЫ КЛАСС ӨЧЕН
ДӘРЕСЛЕК

СССР Мәгариф министрлыгы тарафыннан расланган

*Тәрҗемә
Татарстан АССР Мәгариф министрлыгы тарафыннан расланган*

Русчадан Ф. К. Сәгъдиева, З. Х. Билалова тәрҗемәсе

КАЗАН ТАТАРСТАН КИТАП НӘШРИЯТЫ 1988

ББК 22.6я72
В73

Воронцов-Вельяминов Б. А.

В73 **Астрономия: Учебник для 10 класса средней школы.**
Утверждено Министерством просвещения СССР.—17-е
изд., перераб.— М.: Просвещение, 1987.

В **4306021300—088**
М 132(03) —88 **БЗ—54—40—87**

ББК 22.6я72

© Издательство «Просвещение», 1987.
© Татарчага тәржемо, үзгәрешләр белән. Татарстан китап нәшрияты, 1988.

I. КЕРЕШ

1. АСТРОНОМИЯ ФЭНЕ

1. Астрономия нэрсэ өйрэнэ. Астрономиянең башка фэннэр белэн бэйлэнеше, аның эһемияте. Астрономия¹ — күк жисемнэренең һәм күк жисемнэре системаларының хәрәкәтен, төзелешен, чичек барлыкка килүен һәм үсешен өйрэнэ торган фән. Ул туплаган белемнэр кешелек дөнъясының практик ихтыяжлары өчен кулланыла.

Астрономия — иң борынгы фэннэрнең берсе, ул кешенең практик ихтыяжлары нигезендә барлыкка килгән һәм алар белән берлектә үскән. Астрономиядән башлангыч мәгълүматлар моннан меңнэрчә ел элек үк инде Вавилонда, Мисырда, Кытайда яшәүчелэргә билгеле булган һәм ул иллэрнең халыклары тарафыннан вакытны һәм горизонт якларын билгеләү өчен файдаланылган.

Безнең заманда да астрономия төгәл вакытны һәм географик координаталарны (навигациядә, авиациядә, космонавтикада, геодезиядә, картографиядә) билгеләү өчен кулланыла. Ул космик кинлеклэрне өйрәнү һәм тикшерүгә, космонавтиканың үсешенә, планетабызны космостан торып өйрәнүгә ярдәм итә. Ләкин астрономия хәл итә торган мәсьәләлэр болар белән генә чикләнми.

Безнең Жир шары Галәмнең бер кисәге булып тора. Ай белән Кояш Жирдә күтәрелешлэрне һәм чигенешлэрне китереп чыгара. Кояш нурланышы һәм аның үзгәрешлэре Жир атмосферасындагы процессларга һәм терек организмнарның эшчәнлегенә йогынты ясый. Башка космик жисемнэрнең дә Жиргә йогынты ясау механизмын астрономия өйрэнэ.

Астрономия курсы сезнең мәктәптә физика, математикадан һәм табигать турында алган фәнни белемнэрегезгә йомгак ясый.

¹ Бу сүз *Астрон* — яктырткыч, йолдыз һәм *номос* — закон дигән грек сүзлэреннән килеп чыккан.

Хәзерге заман астрономиясе математика һәм физика, биология һәм химия, география, геология һәм космонавтика белән тыгыз бәйләнгән. Бу фәннәрнең казанышларыннан файдалану белән бергә, астрономия аларны баета да; алар алдына яңадан-яңа бурычлар куеп, бу фәннәрнең үсешен алга этәрә.

Астрономияне өйрәнгәндә нинди мәгълүматларның — ышанычлы фактлар, ниндиләрәнең вакыт үтү белән үзгәрү ихтималы булган фәнни фараз гына икәнненә игътибар итәргә кирәк.

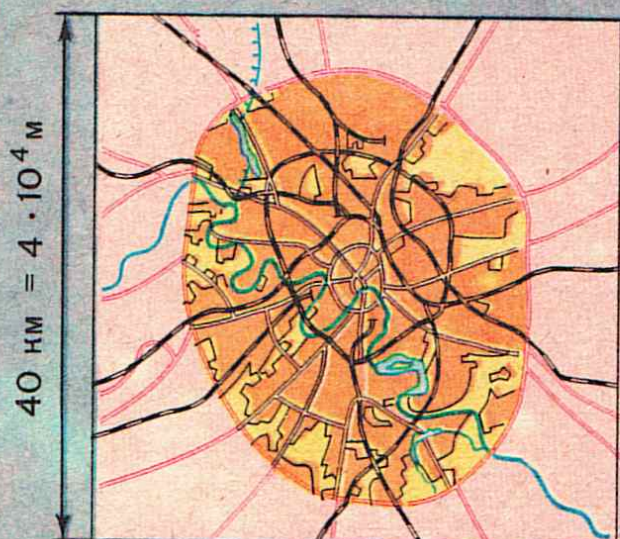
Астрономия лабораторияләрдә эшләргә мөмкин булмаган халәттәгә һәм күләмнәрдәгә мәтдәне космоста өйрәнә, шунның белән дөньяның физик күренешен, материя турында безнең күзаллауларыбызны киңәйтә. Боларның барысы да табигать турындагы диалектик-материалистик күзаллауларны үстерү өчен мөһим.

Кояш һәм Ай тотылу вакытларын, кометаларның кайчан күренәчәген алдан исәпләргә, Жирнең һәм башка күк жисемнәренең барлыкка килүен һәм үзгәрүен табигый-фәнни нигездә аңлатырга мөмкин икәннен күрсәтеп, астрономия кешелекнең танып белүенең чиге булмавын раслай.

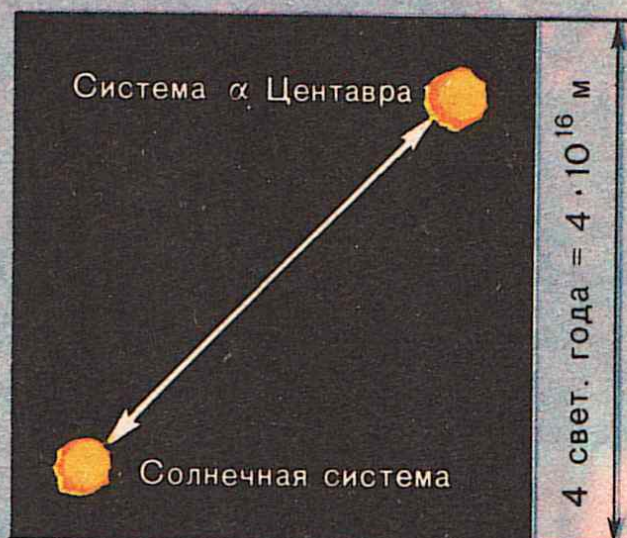
Үткән гасырда идеалист философларның берсе кешелекнең танып белү мөмкинлекләре чикле дип исбатларга тырышып, кешеләр кайбер яктырткычларга кадәр ераклыklarны үлчәсәләр дә, йолдызларның химик составын беркайчан да белә алмаячаклар дип раслаган. Ләкин тиздән спектраль анализ ачылган, һәм астрономнар йолдыз атмосфераларының химик составын ачыклап кына калмаган, бәлки аларның температураларын да билгеләгәннәр. Шулар рәвешле кешелекнең танып белүе чикләнгән дип күрсәтергә тырышуларның барысы да нигезсез булып чыккан. Мәсәлән, галимнәр Ай өслеге температурасын башта теоретик юл белән билгеләделәр, аннары аны Жирдән торып термоэлемент ярдәмендә һәм радио ысулы белән үлчәделәр, сонрак кеше тарафыннан төзелеп, Айга жибәрелгән автомат станциядәгә приборлар бу мәгълүматларның дөреслеген расладылар.

2. Галәмнең масштаблары. Жирнең табигый иярчене Ай безгә иң якын булган күк жисеме икәннен, безнең планетабызның башка зур һәм кечкенә планеталары белән бергә Кояш системасына керүен һәм барлык планеталарның да Кояш тирәсендә әйләнәп йөрүен сез беләсез инде. Үз чиратында Кояш та, күк йөзәндә күренгән башка йолдызлар кебек үк, безнең

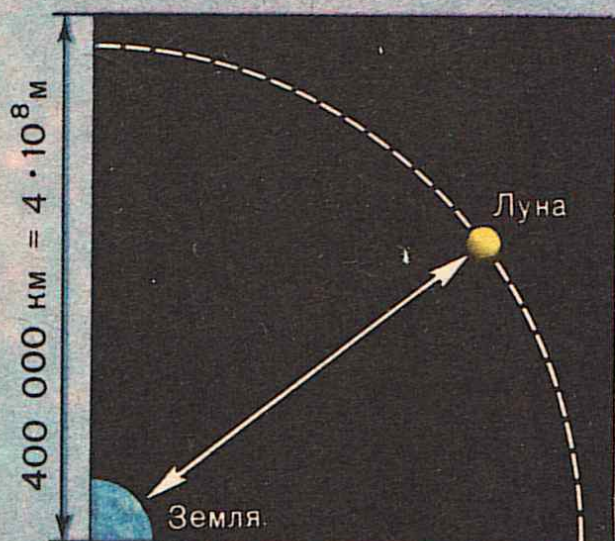
План г. Москвы



Расстояние до ближайших звезд



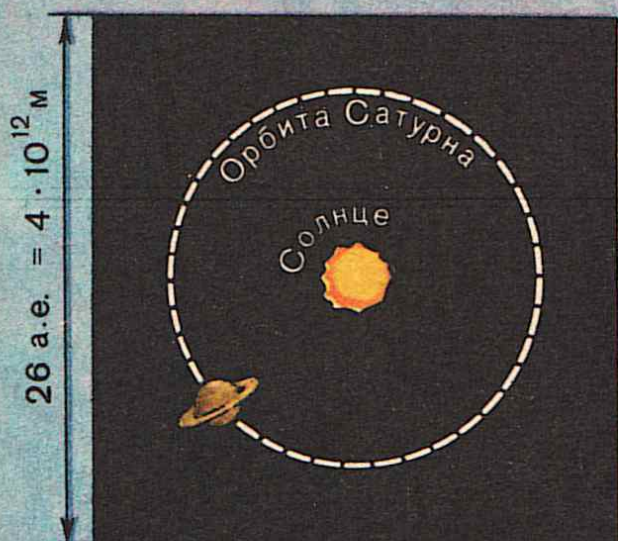
Система Земля-Луна



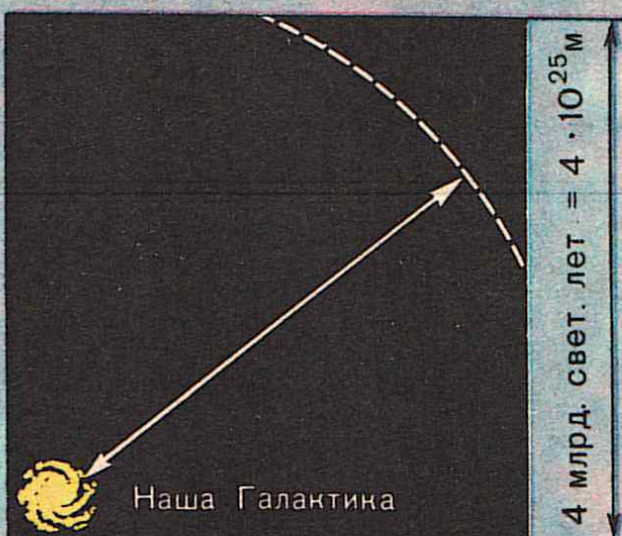
Часть Галактики



Часть Солнечной системы



Приблизительная граница наблюдаемой части Вселенной



1. Галәм масштаблары. Беренче биш квадратның ягы үзеннән алдагысынан 10^4 мәртәбә зуррак, ә ахыргы квадратның ягы үзеннән алдагысынан 10^5 мәртәбә зуррак. Галәмнең күзәтелә торган өлешенең чиге шартлы рәвештә зурлыкның төртүп дәрәжәсә белән бирелгән.

Йолдыз системасы — Галактика составына керэ. Галактиканын үлчэмнәре шулкадәр зур: хәтта 300 000 км/с тизлек белән тарала торган яктылык та аның бер кырыеннан икенчесенә йөз мең елдан соң гына барып җитә. Моңа охшаган галактикалар Галәмдә бик күп, ләкин алар шулкадәр ерак, гади күз белән без аларның берсен генә — Андромеда томанлыгын гына күрә алабыз.

Аерым галактикалар арасындагы ераклык аларның үлчәмнәреннән уннарча мәртәбә артыграк. Галәмнең масштабларын төгәлрәк күз алдына китерү өчен 1 нче рәсемне игътибар белән тикшерегез.

Йолдызлар Галәмдәге күк җисемнәрененң иң күп таралган төрләре булып тора, ә галактика һәм аның тупланышлары Галәмнең төп структур өлешләрен тәшкил итәләр. Галактикадагы йолдызлар, галактикалар арасындагы пространство бик нык сирәкләнгән газ, тузан, элементар кисәкчекләр, электромагнит нурланыш, гравитация һәм магнит кыры кебек материя белән тулган.

Күк җисемнәрененң, күк җисемнәре системаларының хәрәкәт законнарын, төзелешен, ничек барлыкка килүен һәм үзгәрүен өйрәнә торган фән буларак астрономия, гомумән, Галәмнең төзелешен һәм үзгәрүен күз алдына китерергә мөмкинлек бирә.

Хәзерге заман астрономиясе карамагында фән һәм техниканың төрле өлкәләрендәге уңышлар нәтижәсендә барлыкка килгән телескоп һәм приборлар күп. Андый телескоплар һәм приборлар ярдәмендә Галәм киңлекләренә үтеп керергә, күк җисемнәрененң физик табигатен өйрәнергә мөмкин.

2. АСТРОНОМИК КҮЗӘТҮЛӘР ҺӘМ ТЕЛЕСКОПЛАР

1. Телескоплар. Төп астрономик прибор булып телескоп хезмәт итә.

Телескоп тикшерелә торган объекттан килгән яктылыкны мөмкин кадәр күбрәк җыю һәм объектын турыдан-туры күзәткәндә күренмә почмакча үлчәмнәрен зурайту өчен кулланыла.

Телескопның төп өлеше объективтан тора, ул яктылыкны җыя һәм яктылык чыганагының сурәтен барлыкка китерә.

Телескоп объективы линза яки линзалар системасыннан торса, телескопны — рефрактор дип (2 нче рәсем), әгәр

батынкы көзгедән торса — р е ф л е к т о р д и п а т ы й л а р (3 нче рәсем).

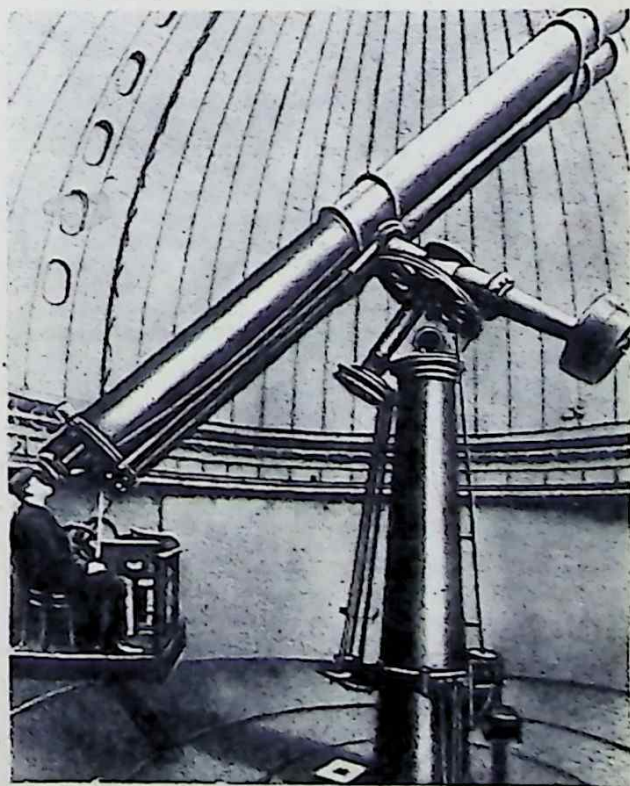
Телескоп жыя торган яктылык энергиясе объектив зурлыгына бәйле. Объектив өслегенен майданы никадәр зур булса, телескоп аша шулкадәр аз яктылык чыгара торган объектлары да күрергә була.

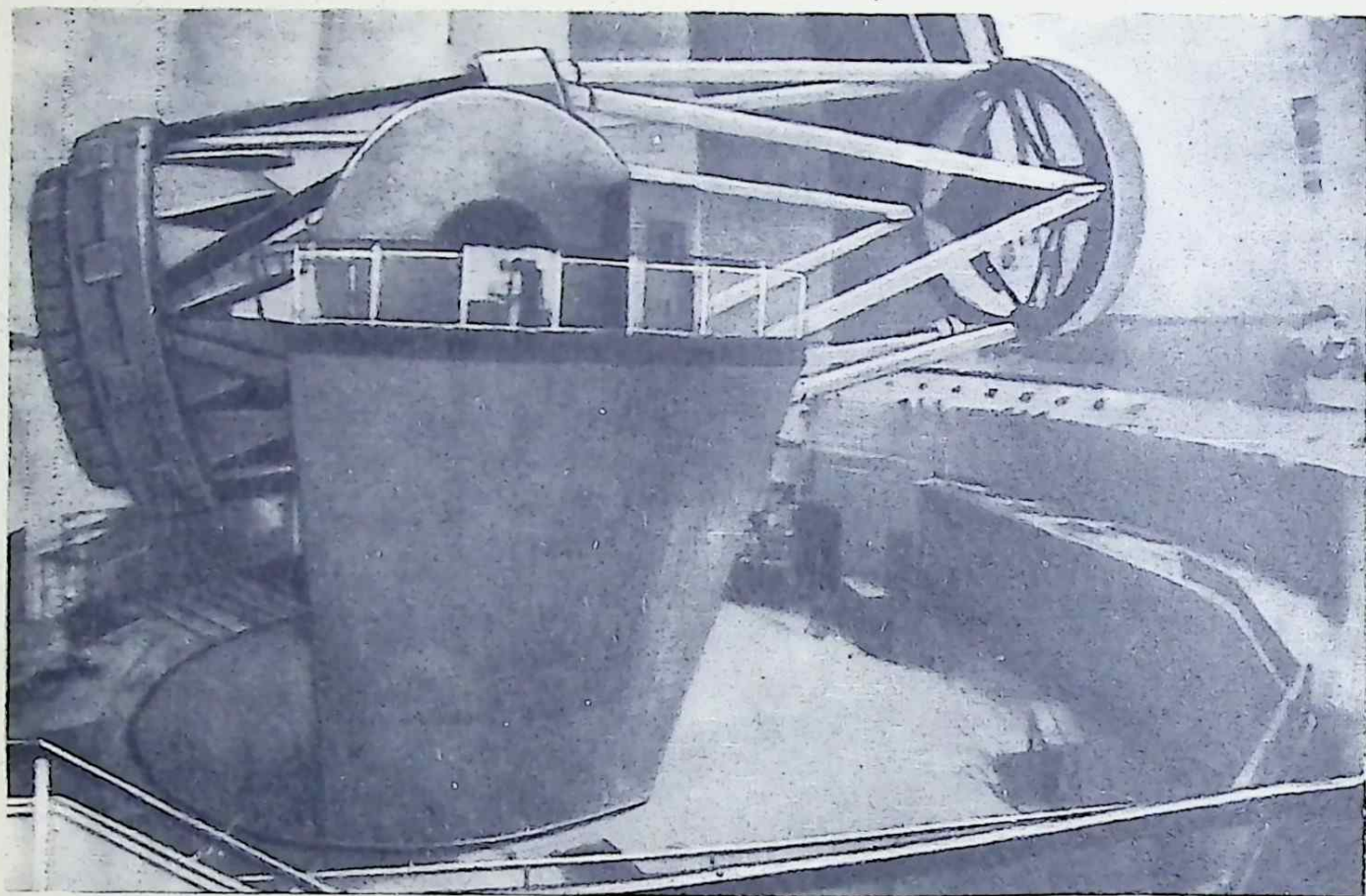
Рефракторда яктылык нурлары объектив аркылы үткәндә сыналар һәм фокус яссылыгында сурәт барлыкка килә (4 нче рәсем, а). Рефлекторда нурлар, батынкы көзгедән кайтарылып, шулай ук фокус яссылыгында жыела (4 нче рәсем, б). Күктәге объектның объектив барлыкка китергән сурәтен окуляр дип аталган линза аркылы карарга да, фоторәсемгә төшереп алырга да мөмкин.

Телескоп объективын ясаганда, объектның сурәтендә барлыкка килә торган бозылуларны мөмкин кадәр бетерергә тырышалар. Гади линза сурәтне боза, сурәтнең кырыйларында төрле төсләр барлыкка килә. Мондый кимчелекләрне киметү өчен, объективны төрле сорт пыяладан эшләнгән һәм өслекләре төрле кәкрелектә булган берничә линзадан ясыйлар. Шулай ук сурәтнең бозылуын киметү өчен, көмешләнгән яки алюминийланган батынкы пыяла көзгене сферик формада түгел, параболик формада эшлиләр.

Совет оптигы Д. Д. Максудов менисклы система дип аталган система эшләде. Ул рефрактор белән рефлекторның иң яхшы сыйфатларын берләштерә. Мәктәп телескобы модельләренен берсе шул система буенча төзелгән. Батынкы-кабарынкы юка пыяла — мениск — зур сферик көзгенен бозуын төзәтә. Көзгедән кайтарылган нурлар, менискның эчке өслегендәге көмешләнгән майданчыктан да кайтарылып, қыска фокуслы линзага — окулярга юнәләр (4 нче рәсем, в). Башка төрдәге телескоп системалары да бар.

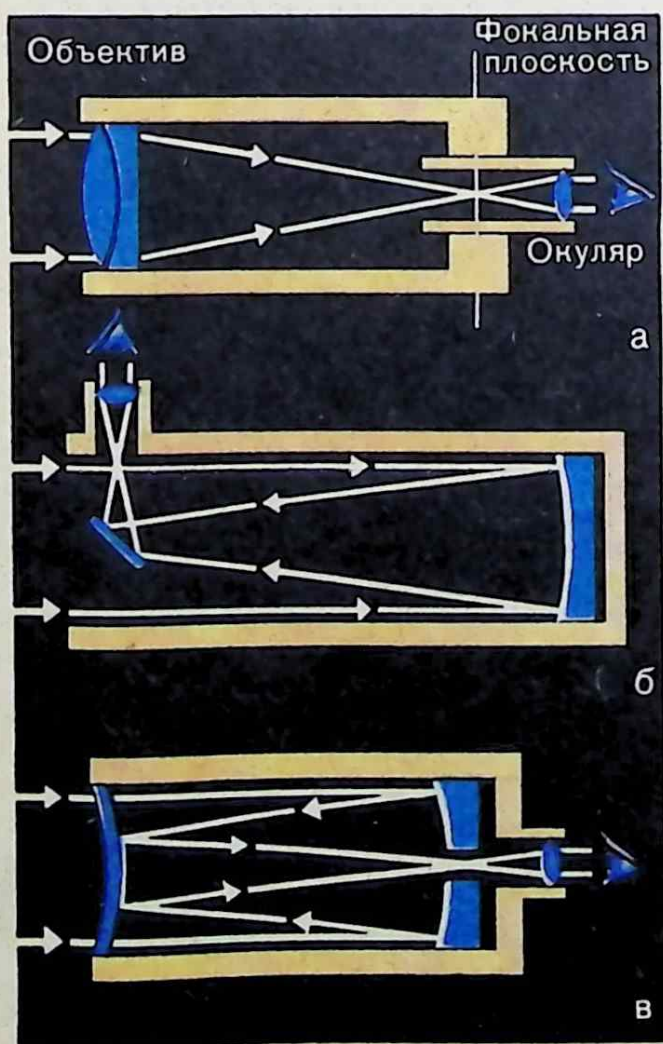
2. Телескоп-рефрактор.





3. Көзгесенің диаметры 6 м булган дөньядагы иң зур телескоп-рефлектор (СССР).

4. Телескопларда нурлар йөреше схемасы: а — рефрактор; б — рефлектор; в — менисклы телескоп.



Телескоп Кояш, Ай, планеталарның һәм андагы аерым өлешләрнең күренмә почмакча үлчәмнәрен зурайтып күрсәтә, шулай ук аның аша күренә торган йолдызлар арасындагы почмакча ераклыкны да зурайта. Йолдызлар үзләре, бездән бик еракта булганга күрә, иң зур телескоптан караганда да яктырып торган нокта гына булып күренәләр.

Телескопта гадәттә кирегә әйләнгән сурәт барлыкка килә, ләкин космик объектларны күзәткәндә моның әһәмияте юк. Окулярга өстәмә линзалар куйганда, телескоп туры сурәт бирә торган күзәтү

трубасына әйләнә, ләкин бу вакытта беркадәр яктылык югала.

Телескоп аша күзәткәндә 500 тапкырдан артыграк зурайту сирәк кулланыла. Чөнки телескопның зурайтуы арткан саен, һава агымнары сурәтне ныграк боза.

Иң зур рефрактор объективының диаметры — 1 м. Дөньяда иң зур рефлектор көзгесенң диаметры — 6 м. Ул телескоп СССРда эшләнгән һәм Кавказ тауларында урнаштырылган. Ул гади күзгә күренә торган йолдызлардан уннарча миллион тапкыр тоныграк йолдызларны да күзәтергә мөмкинлек бирә.

2. Астрономик күзәтүләрнең үзенчәлекләре. Астрономия Жирдән торып күзәтүләргә нигезләнә. Бары тик безнең гасырның 60 нчы елларынан алып кына күзәтү эшләре космостан — автоматик һәм идарә ителә торган космик станцияләрдән башкарыла. Астрономиядә күзәтүләр, физика һәм химиядәгә тәҗрибәләр ролен уйнау белән бергә, кайбер үзенчәлекләргә дә ия.

Астрономик күзәтүләрнең *беренче үзенчәлегенә* шунда: күзәтүләр өйрәнелә торган объектларга карата күбесенчә *пассив* рәвештә бара. Күктәгә жисемнәргә без актив рәвештә тәэсир итә алмыйбыз, башка табигать фәннәрендәгә кебек (бик сирәк очракларны исәпкә алмаганда) тәҗрибәләр дә үткәреп булмый. Бары тик космик аппаратлар куллану ыны Айда һәм иң якын планеталарда турыдан-туры тикшеренүләр үткәрергә мөмкинлек бирде.

Өстәвенә, күктәгә күп кенә күренешләр шулкадәр әкрән бара, аларны күзәтү гаять озак вакыт таләп итә; мәсәлән, Жир күчәрененң үз орбитасы яссылыгына авышлыгының үзгәрүе йөзләргә еллар үткәч кенә сизелерлек була. Шуңа күрә моннан меңнәргә ел элек үткәрелгән кайбер күзәтүләр, хәзерге заман таләпләреннән чыгып караганда төгәл булмасалар да, безнең өчен әһәмиятен югалтмаганнар.

Икенче үзенчәлегенә. Күк жисемнәрененң торышын һәм хәрәкәтен без Жирдән күзәтәбез, ә Жир үзе дә хәрәкәт итә: үз күчәре тирәсендә дә, Кояш тирәсендә дә әйләнә. Шулай да, күк жисемнәрененң жирдәгә күзәтүчегә карата хәрәкәтен тасвирлаганда, еш кына Жирне хәрәкәтләнми дип карыйбыз. Мәсәлән, яктырткычларның калкуы һәм батуы турында сөйлибез, ә ул, белгәнәбезчә, Жирнең үз күчәре тирәсендә әйләнүеннән килеп чыга; Кояшның йолдызлыкларга карата хәрәкәте турында әйтәбез, ә ул — Жирнең Кояш тирәсендә әйләнүе нәтижәсе.



5. Күк йөзөндө почмакча үлчөөлөр һәм яктырткычның горизонттан биеклегө.

өченче үзенчәлегө яктырткычларның бездән бик еракта булуына бәйле. Яктырткычлар бездән шулкадәр ерак, аларның кайсысы якынарак, кайсысы ераграк икәннән күз белән дә, телескоп аша карап та белеп булмый. Аларның барысы да бердәй ераклыкта күренә. Шуңа күрә күктәге объектлар (мәсәлән, йолдызлар) арасындагы ераклык күзәтү ноктасыннан объектларга юнәлгән нурлар арасындагы почмак белән үлчәнә (5 нче рәсем). Бу — почмакча ераклык дип атала, ул градуслар һәм аның өлешләре белән күрсәтелә. Ике йолдызның күренү юнәлешләре якин булса (мәсәлән, *A* һәм *B* йолдызлары, 5 нче рәсемне кара), ул йолдызлар күк йөзөндә берберсенә якин тора дип исәпләнә. Күк йөзөндә *A* дан ерак булып күренгән *C* йолдызының пространствода *A* йолдызына *B* га караганда якынарак булуы мөмкин.

Яктырткычның горизонттан почмакча ераклыгы яктырткычның горизонттан биеклегө (h) дип атала (5 нче рәсем).

Яктырткычның биеклегө 0° тан башлап (яктырткыч горизонтта тора) 90° ка кадәр (яктырткыч баш өстендә) исәпләнә. Яктырткычның горизонт якларына (дөнья якларына) карата торышы икенче почмак ярдәмендә күрсәтелә. Ул азимут дип атала һәм 0° тан 360° ка кадәр үзгәрә (исәп көньяктан сәгать йөреше уңаенда алып барыла).

Яктырткычның биеклеген һәм азимутын почмак үлчи торган махсус оптик инструмент — теодолит белән үлчиләр.

Шуның өстенә, Жирнең хәрәкәте аркасында Жирдәгә күзәтүче өчен күк йөзенең күренеше ел буйы үзгәрәп тора. Күк йөзенең күренеше Жирдәгә күзәтүченән кайсы урында торуына гына түгел, бәлки елның һәм тәүлекнең кайсы моментында күзәтелүенә дә бәйле. Мәсәлән, бездә кышкы көн булганда, Көнъяк Америкада жәйгә төн һәм киресенчә була. Жәен генә яки кышын гына күренә торган йолдызлар да бар.

Астрономик күзәтүләрнең

Күк йөзөндәге почмакта ераклыкларны якынча билгеләү өчен, Зур Жидегән «чүмеченең» ике йолдызы (α һәм β , 7 нче рәсем) арасындагы почмакча ераклыкның 5° чамасы икәннен белү файдалы.

Күктәге объектларның күренмә зурлыкларын да почмакча берәмлекләрдә күрсәтергә була. Мәсәлән, Кояш белән Айның диаметрлары почмакча берәмлекләрдә $0,5^\circ$ чамасы.

Сызыкча үлчәмнәре буенча Кояш диаметры Ай диаметрынан 400 тапкыр диярлек зур. Ни өчен аларның почмакча диаметрлары тигез диярлек? ?

Күк жисемнәренә кадәр сызыкча ераклыкларны һәм аларның сызыкча үлчәмнәрен почмакча үлчәүләрдә ничек билгеләргә икәннен § 12 тан белерсез.

3. Сезнең күзәтүләрегез. Астрономияне яхшы үзләштерү өчен, күктәге күренешләрне һәм яктырткычларны мөмкин кадәр иртәрәк күзәтә башларга кирәк. Күзәтүләргә һәм йолдызлы күкнең дәрәслектә бирелгән күчмә картасыннан файдалануга карата тулы күрсәтмәләрне VI һәм VII кушымталардан табарсыз.

II. АСТРОНОМИЯНЫҢ ПРАКТИК НИГЕЗЛӘРЕ

3. ЙОЛДЫЗЛЫКЛАР. ЙОЛДЫЗ КАРТАЛАРЫ. КҮК КООРДИНАТАЛАРЫ

1. Йолдызлыklar. Йолдызлыklar белән танышу өчен, Ай яктысы комачауламый торган болытсыз төнне сайларга кирәк. Жем-жем иткән йолдызлар, сибелгән төнгә күк йөзе бик матур була. Йолдызларның исәбе дә, хисабы да юк кебек. Ләкин күз ияләнеп үзара торышлары үзгәрми торган йолдыз төркемнәрен табарга өйрәнгәнче генә ул шулай. Бу төркемнәрен кешеләр моннан меннәрчә ел элек үк йолдызлыklar итеп билгеләгәннәр. Күк йөзенең теге яки бу чикләре эчендәге өлешен йолдызлык дип әйтәләр. Бөтен күк йөзе йолдызларның үзләренә генә хас булган урнашулары буенча табарлык 88 йолдызлыкка бүленгән.

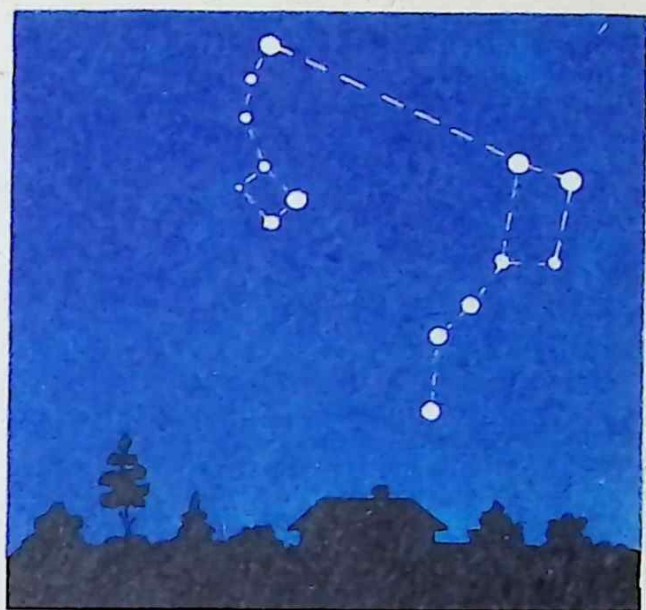
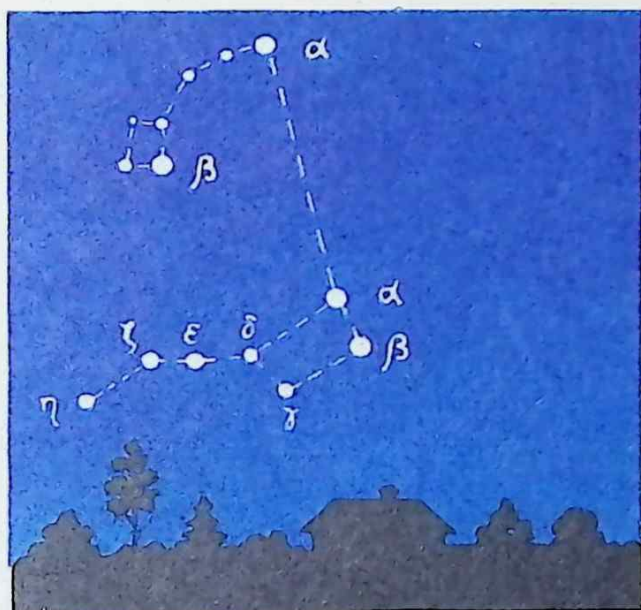
Күп кенә йолдызлыklarның исемнәре бик борынгыдан сакланып калган. Кайбер исемнәр грек мифологиясә белән бәйләнгән, мәсәлән, *Андромеда*, *Персей*, *Пегас*; кайберләре йолдызлыкның якты йолдызларыннан ясалган фигураларга охшаган әйберләргә бәйле: *Ук*

6. Зур Жидегән йолдызлыгының фигурасы (йолдызларның борынғы картасыннан), аның хәзерге вакыттагы чикләре пунктир белән күрсәтелгән.



(Стрела), *Өчпочмак* (*Треугольник*), *Үлчәү* (*Весы*) һ. б. Хайван исемнәре белән йөртелә торган йолдызлыklar да бар, мәсәлән, *Арыслан* (*Лев*), *Кысла* (*Рак*), *Чаян* (*Скорпион*).

Күк йөзенең йолдызлыklarны табу өчен, аларның төп йолдызларын, йолдыз карталарында күрсәтелгән фигуралар килеп чыгарлык итеп, күңелдән туры сызыklar белән тоташтыралар (6 нчы, 7 нче, 10 нчы рәсемнәрен һәм VII кушымтадагы йолдызлар кар-



7. Күкнең тәүлеклек әйләнеше ваҡытында Зур һәм Кече Жидегән йолдызлыҡтарының горизонтка карата торышлары үзгәрү.

тасын карагыз). Һәрбер йолдызлыктагы якты йолдызларны элек-электән үк грек хәрефләре¹ белән тамгалағаннар. Күп ваҡытта йолдызлыҡның иң якты йолдызын α хәрефе белән, аннары яктылыҡтары кими баруға карап, алфавит тәртибендә β , γ һ. б. хәрефләр белән тамгалыйлар. *Казык йолдыз — Кече Жидегән* йолдызлығының α сы ул.

6 нчы һәм 7 нче рәсемнәрдә Зур Жидегәннең төп йолдызлары һәм ул йолдызлыҡның борынғы заман йолдыз карталарында бирелә торған сурәте күрсәтелгән (Казык йолдызны табу ысулы сезгә география курсынан да билгеле).

Айсыз аяз төндә горизонт өстендә гади күз белән 3000 часамасы йолдыз күрергә мөмкин. Хәзерге көндә астрономнар берничә миллион йолдызның төгәл урынын билгеләделәр, алардан килгән энергия ағышын үлчәп, бу йолдызларның исемлеген — каталогын төзеделәр.

2. Йолдызларның күрәнмә яктырышы һәм төсө. Көндөз күк йөзө зәңгәрсу төстөгә гөмбәз рәвешендә күрәнә. Бу исә һавадагы флуктуацияләренең (молекулаларның ваҡытлыча тигеҙсез таралышы) Кояш яктылығындагы зәңгәр нурларны барыннан да көчләрәк таратуынан килә.

Жир атмосферасынан өстә күк йөзө һәрваҡыт кап-кара

¹ Грек алфавиты IV кушымтада бирелгән.



8. Күкнең төүлеклек өйлөнөшө вакытында көнчыгыштагы йолдызлар уңга һәм югарыга таба күчөлөр.

булып күренә, һәм анда бер үк вакытта Кояшны да, йолдызларны да күзәтергә була.

Йолдызларның яктырышы да, төсләре дә төрле: ак, сары, кызгылт. Йолдыз никадәр кызылрак булса, ул шулкадәр салкынрак. Безнең Кояш сары йолдызлар төркеменә керә.

Борынгы заманнарда үк гарәпләр якты йолдызларга аерым исемнәр биргәннәр. Ак йолдызлар: Лира йолдызлыгында *Вега*, Каракош (Орел) йолдызлыгындагы *Альтаир* (алар жәен һәм көзен күренәләр), күк йөзөндәге иң якты йолдыз — *Сириус* (кышын күренә); кызыл йолдызлар: Орион йолдызлыгындагы *Бетельгейзе*, Үгез бозау (Телец) йолдызлыгындагы *Альдебаран* (кышын күренәләр), Чаян (Скорпион) йолдызлыгындагы *Антарес* (жәен күренә); Йөкче йолдызлыгындагы сары йолдыз *Капелла* (кышын күренә) ¹.

Иң якты йолдызларны борынгы заманнарда ук инде 1 нче зурлыктагы йолдызлар дип, ә гади күзгә күренер-күренмәс булган иң тонык йолдызларны 6 нчы зурлыктагы йолдызлар дип атаганнар. Бу борынгы терминология хәзергә кадәр сакланган. «Йолдызча зурлык» (*m* хәрефе белән билгеләнә) термины йолдызның чын үлчәнешләренә бәйләнмәгән, ул барытик йолдыздан Жиргә килә торган яктылык агышын гына характерлый. Кабул ителгәнчә, аерма бер йолдызча зурлыкка

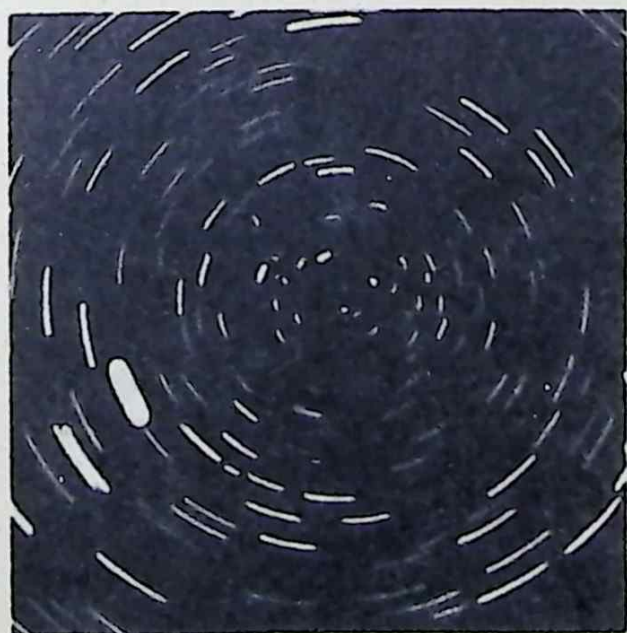
¹ Якты йолдызларның исемнәре IV кушымтада бирелгән.

тигез булганда, йолдызларның яктырышы бер-берсеннән якынча 2,5 мәртәбә аерыла. Аерма 5 йолдызча зурлыкка тигез булганда, йолдызлар яктырышындагы аерымлык 100 тапкыр була. Мәсәлән, 1 нче зурлыктагы йолдызлар 6 нчы зурлыктагыларыннан 100 тапкыр яктырак. Хәзерге заман күзәтү методлары 25 нче йолдызча зурлыкка кадәр йолдызларны табарга мөмкинлек бирә.

Төгәл үлчәүләр шуны күрсәтә: йолдызларның вакланмалы йолдызча зурлыклары булган кебек, тискәре йолдызча зурлыклары да бар, мәсәлән, Альдебаран өчен $m=1,06$, Вега өчен $m=0,14$, Сириус өчен $m=-1,58$, Кояш өчен $m=-26,80$.

3. Күк йөзенең тәүлеклек күренмә әйләнеше. Күк сферасы. Жир үз күчәре тирәсендә әйләнгәнгә күрә, безгә йолдызлар күк йөзе буйлап урыннарыннан күчәләр кебек күренә. Жирнең төньяк ярымшарында урта киңлекләрдә горизонтның көньягына таба карап йолдызларның тәүлеклек хәрәкәтен күзәткәндә, аларның горизонтның көнчыгышынан калкып, көньягында иң биектә булуларын һәм көнбатыш ягында батуларын, ягъни сулдан уңга таба сәгать йөреше уңаенда хәрәкәт итүләрен күрергә була (8 нче рәсем). Игътибар белән күзәткәндә шуны әйтергә була: Казык йолдыз горизонтка карата үзенең торышын үзгәртми диярлек. Башка барлык йолдызлар тәүлек эчендә үзәгә Казык йолдыз янында булган түгәрәк сызалар. Моның шу-

9. Күкнең поляр өлкәсенең фоторәсеме, ул кузгалмый торган фотоаппарат белән бер сәгать эчендә төшөрәп алынган.



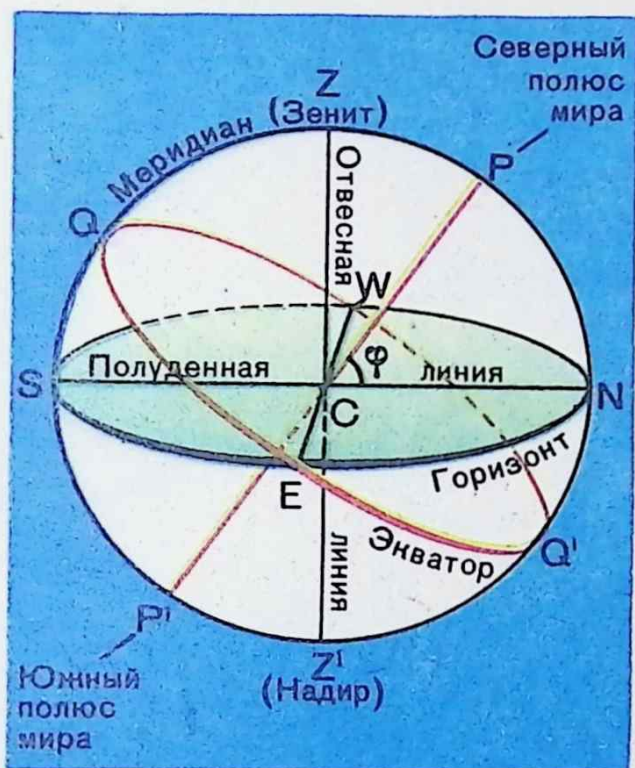
10. Казык йолдыз тирәсендәге йолдызлыklar.



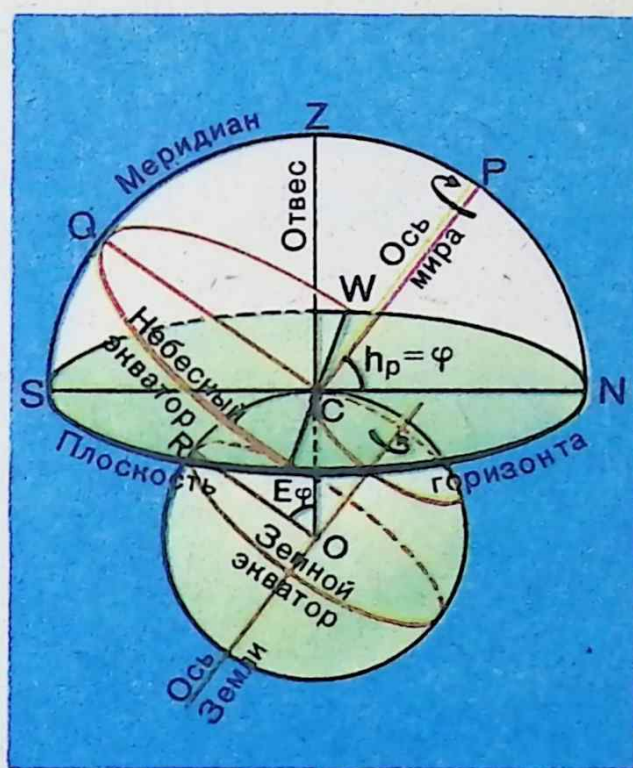
лай икәнненә айсыз төндә түбәндәге тәҗрибә ясап ышанырга була. «Чиксезлектә» төбәп куелган фотоаппаратны Қазык йолдызга юнәлтк һәм шул торышта кузгалмаслык итеп беркетик. Объективны тулысынча ачык хәлдә тотып, затворны ярты яки бер сәгаткә ачык. Шул рәвешле төшереп алынган фоторәсемне ачыгайтык. Негативта концентрик дугалар — йолдызларның эзләрен күрербез (9 нчы рәсем). Бу дугаларның уртак үзәге — йолдызларның тәүлеклек әйләнеше вакытында кузгалмый торган нокта — шартлы рәвештә дөньяның төньяк полюсы дип атала. Қазык йолдыз аңа бик яқын (10 нчы рәсем). Аңа диаметрль капма-каршы булган нокта дөньяның көньяк полюсы дип атала. Төньяк ярымшарда ул горизонт астында урнашкан.

Күк йөзенен тәүлеклек әйләнү күренешен өйрәнгәндә математик схемадан — күк сферасынан — файдалану җайлы. Күк сферасы — үзәгендә күзәтүче урнашкан ирекле радиуслы уйланма сфера ул. Барлык яктырткычларның күренмә торышы шул сферага проекцияләнә, ә үлчәү эшләре алып баруңа булсын өчен, сферада нокталарны төзеп, сызыklar үткәрәләр (11 нче рәсем). Әйтк, күзәтүче аша үтүче асма сызык ZCZ' күк йөзен безнең баш өстендә зенит (Z) ноктасында кисеп үтә. Диаметрль капма-каршы булган Z' ноктасы надир дип атала. ZZ' асма сызыгына перпендикуляр яссылык ($NESW$) горизонт яссылыгы дип атала һәм күзәтүче торган ноктада Жир шарына орына (12 нче рәсемдә C ноктасы). Бу яссылык күк сферасын ике ярымсферага: барлык нокталары да горизонттан өстә булган күренмә һәм нокталары горизонттан аста яткан күренми торган ярымсфераларга бүлә.

Күзәтүченең күзе аша үткән (C), дөньяның ике полюсын (P һәм P') тоташтыручы күчәрне — күк сферасының күренмә әйләнеше күчәрен — дөнья күчәре дип атыйлар (11 нче рәсем). Теләсә кайсы күзәтүче өчен дөнья күчәре һәрвакыт Жирнең әйләнү күчәренә параллель була (12 нче рәсем). Дөньяның төньяк полюсы турысында горизонтта — төньяк ноктасы N (11 нче, 12 нче рәсемнәр), аңа диаметрль капма-каршы якта көньяк ноктасы S ята. NCS сызыгы төшлек сызыгы дип атала (11 нче рәсем), чөнки төш вакытында вертикаль бастырып куелган таякның күләгәсе горизонталь яссылыкка шул сызык буенча төшә. (Урында төшлек сызыгын үткәрергә, шул сызык һәм Қазык йолдыз ярдәмендә



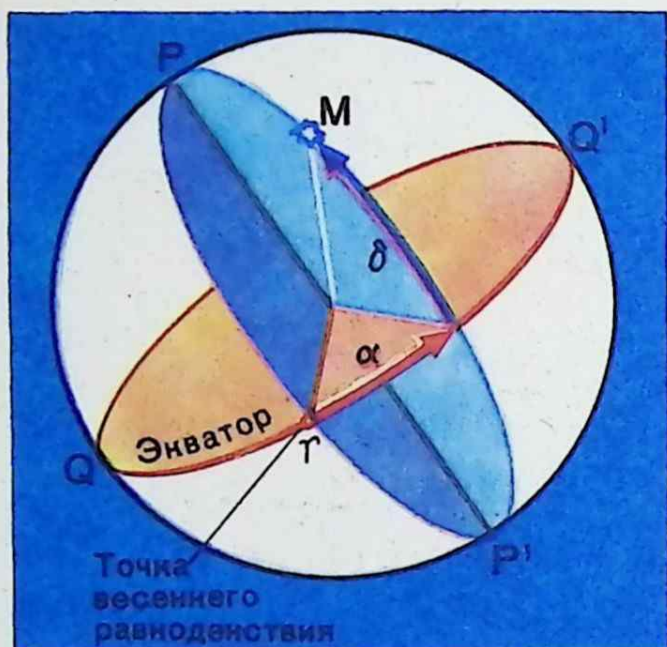
11. Күк сферасының төп нокталары һәм сызыклары.



12. Күк сферасында һәм Жир шарында сызыklar бөлөн яссылыklar арасындагы бәйләнеш.

горизонт якларын табарга сез V класста физик география курсында өйрәндегез.) Көнчыгыш ноктасы E белән көнбатыш ноктасы W да горизонт сызыгында яталар. Алар төньяк (N) һәм көньяк (S) нокталарынан 90° ераклыкта торалар. N ноктасы, дөнья полюслары, зенит (Z) һәм S ноктасы аша күк меридианы яссылыгы үтә. Күзәтүче C өчен ул аның географик меридианы яссылыгына туры килә (12 нче рәсем). Ниһаять, күзәтүче сфера үзәге (C ноктасы) аша үтүче һәм дөнья күчәрәненә перпендикуляр яссылык ($QWQ'E$) Жир экваторы яссылыгына параллель булган күк экваторы яссылыгын тәэин (12 нче рәсемне кара). Күк экваторы күк сферасы өслеген ике ярымшарга: түбәсе дөньяның төньяк полюсында булган — төньяк һәм түбәсе дөньяның көньяк полюсында булган көньяк ярымшарларга бүлә.

4. Йолдыз карталары һәм күк координаталары. Йолдызлыкларны яссылыкта күрсәтә торган йолдызлар картасын төзү өчен, йолдызларның координаталарын белергә кирәк. Йолдызларның горизонтка карата координаталары, мәсәлән биеклеге, ачык күренеп торса да, карта төзү өчен җайсыз, чөнки алар һаман үзгәрәп тора. Йолдызлы күк йөзгә бөлөн бергә айлана



13. Экваториаль координаталар.

торган координаталар системасын алырга кирәк. Экваториаль система — координаталарның шундый системасы була, координаталарны исәпләү экватор яссылыгына карата алып барылганга, ул система шулай аталган. Бу системаның бер координатасы — *яктырткычның күк экваторыннан почмакча ераклыгы авышу* (δ) *дип атала* (13 нче рәсем). Ул $\pm 90^\circ$ чикләрендә үзгәрә һәм экватордан төньякка таба — уңай,

көнъякка таба тискәре дип исәпләнә. Авышу — географик киңлеккә охшаш координата.

Икенче координата географик озынлыкка охшаш һәм ул туры күтәрелеш (α) дип атала.

Яктырткычның (M) туры күтәрелеше ике зур түгәрәк арасындагы почмак белән үлчәнә, түгәрәкләрнең берсе дөнья полюслары белән яктырткыч (M) аркылы, икенчесе дөнья полюслары белән экватордагы язгы көн-төн тигезлеген ноктасы (Υ) аркылы үтә (13 нче рәсемне карагыз). Язын, 20—21 мартларда, көн төнгә тигез вакытта, Кояш шул ноктада (күк сферасында) булганга ул ноктаны көн-төн тигезлеген ноктасы дип атаганнар.

Төньяк полюс ягынан караганда, бу почмакны язгы көн-төн тигезлеген ноктасыннан күк экваторы дугасы буенча сәгать йөрешенә каршы юнәлештә исәплиләр. Ул почмак 0 дән 360° ка кадәр үзгәрә. Күк экваторында урнашкан йолдызлар туры күтәрелешләре арта бару тәртибендә калку сәбәпле, ул зурлык туры күтәрелеш дип аталган. Бу күренеш Жирнең әйләнешенә бәйле булганга, туры күтәрелешне градусларда түгел, ә вакыт берәмлекләре белән билгелиләр. Жир 24 сәгатьтә бер әйләнеш (360°) ясый (ә безгә йолдызлар әйләнә кебек күренә). Димәк, 360° ка 24 сәг туры килә, ул вакытта 15° —1 сәг, 1° —4 мин, $15'$ —1 мин, $15''$ —1 с. Мәсәлән, 90° ка тигез туры күтәрелеш — 6 сәг, ә 7 сәг 18 мин — $109^\circ 30'$ була.

Йолдызлар картасы, атлас, глобусның координата сеткала

рында да, дәреслеккә һәм «Мәктәп астрономия календаре»на кушымта итеп бирелгән картада да туры күтәрелеш вакыт берәмлекләре белән билгеләнә.

1 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Йолдызча зурлык нәрсәне характерлый?
2. Дөнъяның төньяк полюсы белән төньяк ноктасы арасында аерма бармы?
3. 9 сәг 15 мин 11 с ны почмакча берәмлекләрдә күрсәтегез.

1 НЧЕ БИРЕМ

1. VII кушымтадан файдаланып, күк йөзенең күчмә картасын жыйрга һәм аны кулланырга өйрәнгез.
2. Якты йолдызларның IV кушымтада бирелгән координаталар таблицасына карап, йолдызлар картасында аларның кайберләрен табыгыз.
3. Карта буенча берничә якты йолдызның координаталарын исәпләгез һәм, IV кушымтадагы таблицадан файдаланып, үлчәү нәтижәсенең дәрәслеген тикшерегез.

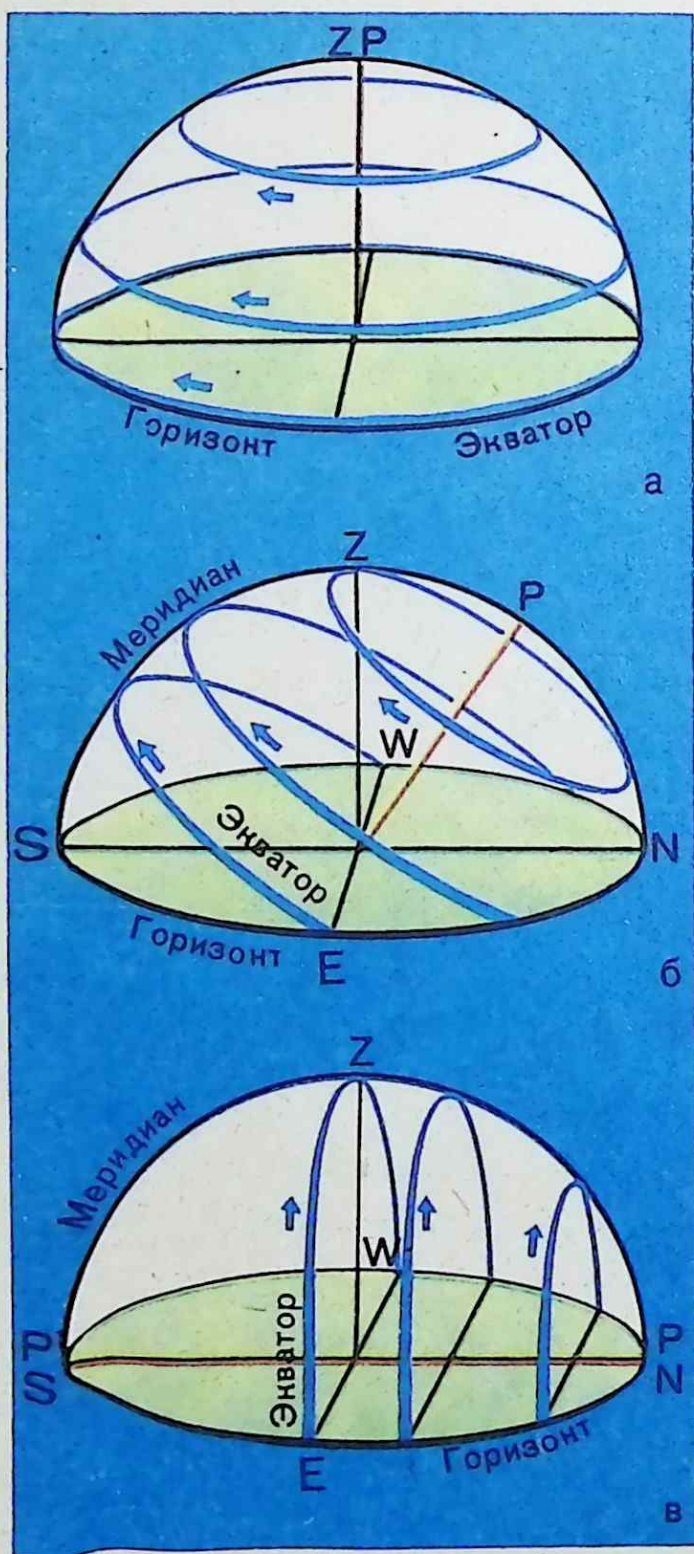
4. АСТРОНОМИК КҮЗЭТҮЛӘРДӘН ЧЫГЫП ГЕОГРАФИК КИҢЛЕКНЕ БИЛГЕЛӘУ

1. Дөнъя полюсының горизонттан биеклеге. 12 нче рәсемне карыйк. Дөнъя полюсының горизонттан биеклеге $h_p = \angle PCN$, ә урынның географик киңлеге $\varphi = \angle COR$ икәннән күрәбез. Яклары үзара перпендикуляр ($[OC] \perp [CN]$, $[OR] \perp [CP]$) почмаклар булганга, бу ике почмак ($\angle PCN$ һәм $\angle COR$) үзара тигез. Бу почмакларның тигезлеге урынның географик киңлеген (φ) билгеләүнең иң гади ысулын бирә: *дөнъя полюсының горизонттан почмакча ераклыгы урынның географик киңлегенә тигез*. Урынның географик киңлеген билгеләү өчен, дөнъя полюсының горизонттан биеклеген үлчәү җитә, чөнки

$$h_p = \varphi.$$

2. Төрле киңлекләрдә яктырткычларның тәүлеклек хәрәкәте. Күзәтү урынының географик киңлеген үзгәргәндә күк сферасы әйләнү күчәренен горизонтка карата юнәлешен үзгәртүен без хәзер беләбез инде. Күктәге яктырткычларның күрәнмә хәрәкәтләре Жирнең Төньяк полюсында, экваторда һәм урта киңлекләрендә нинди булуын карап китик.

Жир полюсында дөнъя полюсы зенитта була, һәм йолдызлар горизонтка параллель түгәрәкләр буенча хәрәкәт итәләр (14 нче



14. Яктырткычларның горизонтка карата төүлеклек юллары: а — Жир полюсындагы, б — уртача географик киңлектөгө, в — экватордагы күзөтүчө өчен.

баталар. Һәрбер йолдыз юлының нәкъ яртысын горизонт өстендә вакытта үтә. Жир экваторындагы күзөтүчө өчен дөньяның төньяк полюсы — төньяк ноктасына, дөньяның көньяк полюсы — көньяк ноктасына туры килә (14 нче рәсем, в). Аның өчен дөнья күчәре горизонт яссылыгында урнашкан була.

рәсем, а). Монда йолдызлар батмыйлар да, калыкмыйлар да, аларның горизонттан биеклегә үзгәрешсез.

Урта географик киңлекләрдә калка һәм бата торган йолдызлар була, шулай ук горизонттан беркайчан да түбән төшми торганны да бар (14 нче рәсем, б). Мәсәлән, Казык йолдыз тирәсендәге йолдызлыklar (10 нчы рәсем) СССРның географик киңлекләрендә беркайчан да батмый. Дөньяның төньяк полюсынан еракта урнашкан йолдызлыklar горизонт өстендә бик аз вакытка гына күренеп китә. Көньяк полюс тирәсендә урнашкан йолдызлыklar калыкмый торган йолдызлыklar.

Ләкин күзөтүчө көньяккарак киткән саен көньяктагы йолдызлыklarны күбрәк күрә ала. Жир экваторында бер тәүлек эчендә, әгәр көндөз Кояш комачауламаса, күк йөзөндәге барлык йолдызлыklarны да күрә булыр иде (14 нче рәсем, в).

Экватордагы күзөтүчө өчен барлык йолдызлар да горизонт яссылыгына перпендикуляр рәвештә калкалар һәм

2 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Йолдызлы күк йөзөнә һәм аның әйләнүенә карап, Жирнен Төнъяк полюсына килүенә ничек белеп була?
2. Жир экваторындагы күзәтүче өчен йолдызларның тәүлеклек юллары горизонтка карата ничек урнашкан? Ул юллар СССРда, ягъни географик урта киңлекләрдә, күренә торган йолдызларның тәүлеклек юлыннан нәрсә белән аерыла?

2 НЧЕ БИРЕМ

Үзегез яшәгән урынның географик киңлеген Казык йолдызның биеклегенә буенча эклиметр ярдәмендә билгеләгез һәм киңлекне географик картадан табып чагыштырыгыз.

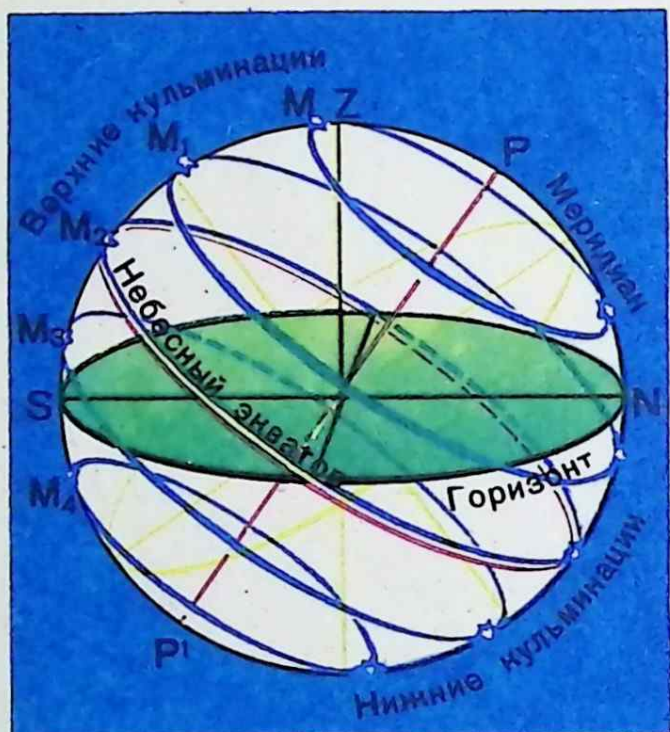
3. Яктырткычларның кульминациядәге биеклеген. Жирнен үз күчәре тирәсендә әйләнүен чагылдырган күк йөзенең күренмә әйләнеше вакытында билгеле бер киңлектә дөнья полюсы горизонт өстендә үзгәрмәс торышта була (12 нче рәсем). Бер тәүлек эчендә йолдызлар горизонттан өстә дөнья күчәре тирәсендә күк экваторына параллель булган түгәрәкләр сызала. Бу вакытта һәр яктырткыч күк меридианын тәүлеккә ике тапкыр кисеп үтә (15 нче рәсем).

Яктырткычларның күк меридианы аша узган күренеше кульминация дип атала. Югарыгы кульминациядә яктырткычның биеклегенә максималь, түбәнге кульминациядә минималь була. Кульминацияләре арасындагы вакыт ярты тәүлеккә тигез.

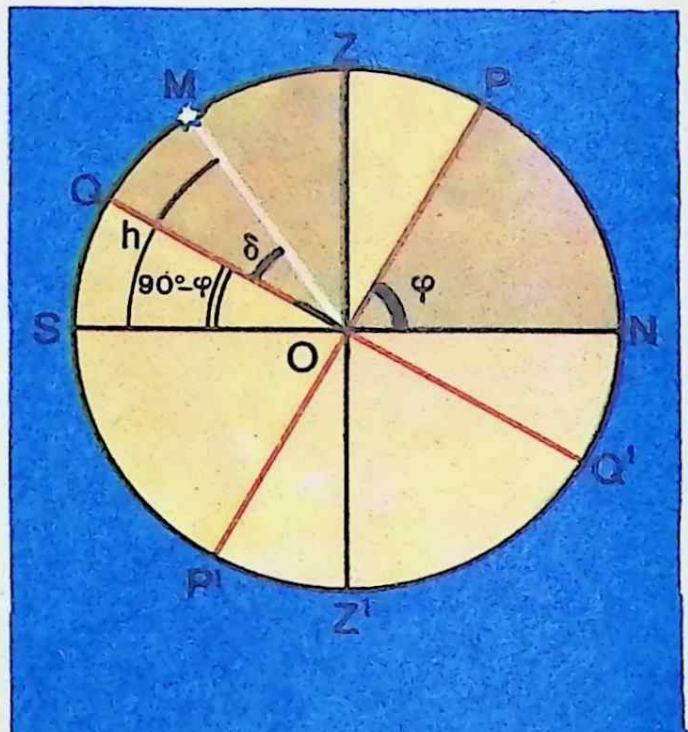
Билгеле бер φ киңлегендә *батмый торган* M яктырткычының (15 нче рәсем) ике кульминациясә дә (горизонттан өстә) күренә, калка һәм бата торган яктырткычларның M_1 , M_2 , M_3 түбәнге кульминациясә горизонттан аста, төнъяк ноктасыннан түбәндәрәк була. Күк экваторыннан көньякка таба ерак урнашкан M_4 яктырткычының ике кульминациясә дә күренмәскә мөмкин (*калыкмый торган* яктырткыч).

Кояш үзәгенә югарыгы кульминация моменты чын төш вакыты, ә түбәнге кульминация моменты чын төн уртасы дип атала.

M яктырткычының югарыгы кульминациядәге биеклеген (h) һәм аның авышуы δ белән урынның географик киңлеген φ арасындагы бәйләлекне табык. Аның өчен 16 нчы рәсемнән файдаланык. Анда асма сызык ZZ' , дөнья күчәре PP' һәм күк экваторы QQ' белән горизонт сызыгы NS ның күк меридианы яссылыгына ($PZSP'N$) проекцияләре бирелгән.



15. Яктырткычларның югарыгы һәм түбәнге кульминацияләре.



16. Яктырткычның югарыгы кульминациядәге биеклеге.

Белгәнәбезчә, дөнья полюсының горизонттан биеклеге урынның географик киңлегенә тигез, ягъни $h_P = \varphi$. Димәк, төшлек сызыгы NS белән дөнья күчәре PP' арасындагы почмак урынның географик киңлегенә (φ) тигез, ягъни $\angle PON = h_P = \varphi$. Күк экваторы яссылыгының горизонтка авышуы да (ул QOS почмагы белән үлчәнә) $90^\circ - \varphi$ гә тигез икәнә күренеп тора, чөнки $\angle QOZ = \angle PON$ — яклары үзара перпендикуляр почмаклар (16 нчы рәсем). Кульминациядә зениттан көньяктарак була торган M йолдызының авышуы — δ . Аның югары кульминациядәге биеклеге

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta$$

була. Бу формуладан күренгәнчә, югары кульминациядәге авышуы δ билгеле булган теләсә нинди йолдызның биеклеген үлчәү юлы белән географик киңлекне исәпләп була. Монда йолдыз кульминация моментында экватордан көньяктарак торса, аның авышуы тискәре булуын исәпкә алырга кирәк.

МӘСЬӘЛӘ ЧИШҮ ҮРНӘГЕ

Мәсьәлә. Сириус (Зур Этнең α , IV кушымтаны кара) югарыгы кульминациясендә 10° биеклектә була. Күзәтү урынының киңлегә күпмегә тигез?

Бирелгән:

$$\delta = -17^\circ$$

$$h = 10^\circ$$

$$\varphi = ?$$

Чишү.

Сириусның авышуын IV кушымтадан табабыз (кыйммәтне түгәрәкләп алабыз). $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ формуласынан $\varphi = 90^\circ - h + \delta$ ны табабыз.

$$\varphi = 90^\circ - 10^\circ - 17^\circ = 63^\circ.$$

Жавап: $\varphi = 63^\circ$.

Сызымның мәсьәлә шартына төгәл туры килүенә игътибар итегез.

3 НЧЕ КҮНЕГҮ

Мәсьәлэләрне чишкәндә, шәһәрләрнең географик координаталарын географик карта буенча исәпләргә була.

1. Ленинградта Антаресның (Чаянның α сы, IV кушымтаны карагыз) югары кульминациясе нинди биеклектә була?
2. Сезнең шәһәр өчен югары кульминациясе зенитта, көньяк ноктада була торган йолдызларның авышуы күпме?
3. Яктырткычның түбәнгә кульминациядәге биеклеген $h = \varphi + \delta - 90^\circ$ формуласынан файдаланып исәпләргә мөмкин булуын исбатлагыз.
4. Билгеле бер географик кинлектәге урында йолдызлар батмый яки бөтенләй калыкмый торган булсын өчен, урынның авышуы нинди шартны канәгатьләндерергә тиеш?

5. ЭКЛИПТИКА. КОЯШ БЕЛӘН АЙНЫҢ КҮРЕНМӘ ХӘРӘКӘТЕ

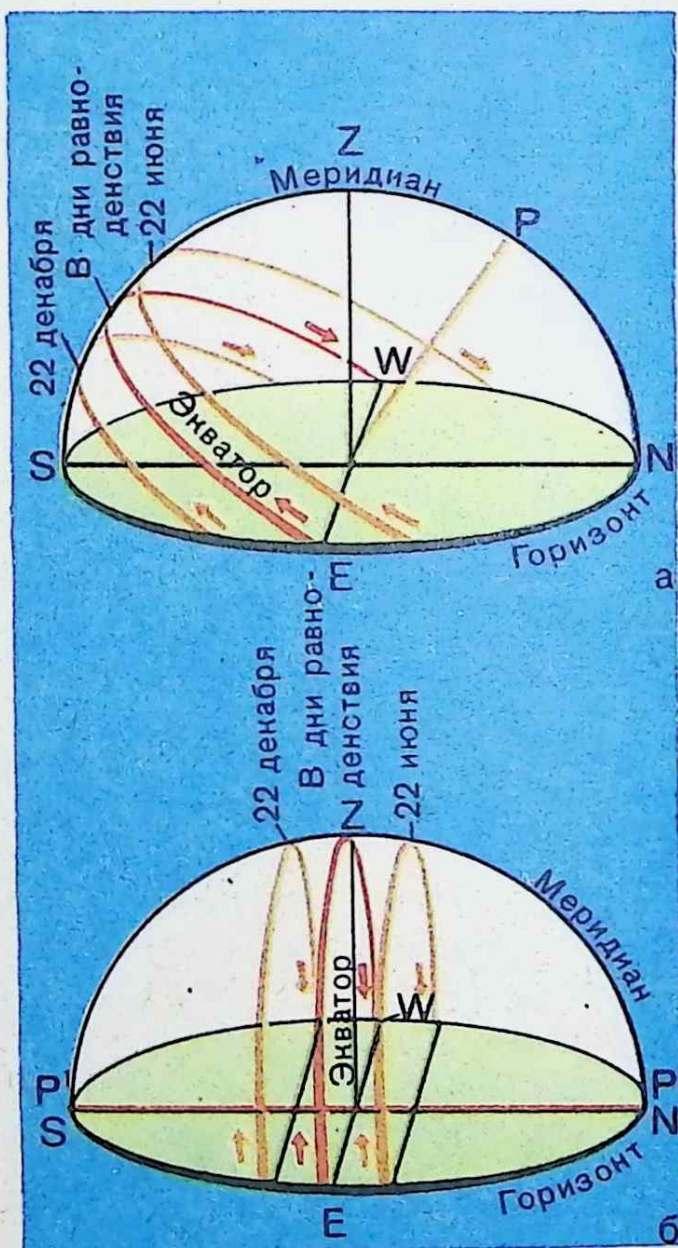
Билгеле бер урында һәр йолдызның кульминациясе горизонттан бер үк биеклектә була, чөнки аның дөнья полюсынан һәм күк экваторынан почмакча ераклыгы үзгәрми. Ә Кояш белән Ай үзләренең кульминация нокталарының биеклеген үзгәртеп торалар. Моннан аларның йолдызларга карата торышы (авышуы) үзгәрә дигән нәтижә ясарга була. Белгәнбезчә, Жир Кояш тирәсендә, Ай Жир тирәсендә әйләнә. Шунун аркасында бу ике яктырткычның торышлары ничек үзгәрүен карап китик.

Әгәр биң төгәл сәгать ярдәмендә Кояш һәм йолдызларның югарыгы кульминацияләре арасындагы вакытларны билгеләсәк, йолдызлар кульминациясенә арасы Кояш кульминацияләре арасындагы вакыттан *дүрт минутка кыскарак* булыр. Бу исә Жирнең бер тәүлектә үз күчәре тирәсендә әйләнеп чыгуы вакытында (тәүлектә) Кояш тирәсендәге юлының $\frac{1}{365}$ өлешен үтүе белән аңлатыла. Безгә Кояш йолдызлар фонында көнчыгышка таба, күкнең тәүлеклек әйләнешенә капма-каршы юнәлештә, күчкән булып күренә. Бу күчү — 1° чамасында. Ә күк сферасына мондый почмакка борылу өчен тагын 4 мин вакыт кирәк. Кояшның кульминациясе 4 мин ка «соңга» кала. Шулай



17. Эклиптика һәм күк экваторы.

18. Елның төрле вакытларында Кояшның горизонт өстендәге тәүлеклек юллары: а — географик урта киңлекләрдә, б — Жир экваторында.



итеп, Жирнең орбита буенча хәрәкәте аркасында Кояш йолдызларга карата э к л и п т и к а дип аталган түгәрәк ясый (17 нче рәсем).

Ай күк сферасының әйләнүенә капма-каршы бер әйләнешне бер айда ясап, тәүлеккә 1° түгел, ә 13° чамасы, күчкәнгә күрә, Айның кульминациясе тәүлегенә 4 мин түгел, ә 50 минутка соңга кала.

Көн уртасында Кояшның биеклеген билгеләгәндә, аның елга ике тапкыр күк экваторында көн-төн тигезлегенә дип аталган нокталарда булуын белгәннәр. Бу язгы һәм көзгә көн-төн тигезлегенә көннәренә (21 март һәм 23 сентябрь) туры килә. Горизонт яссылыгы күк экваторын урталай бүлә (18 нче рәсем). Шуңа күрә көн-төн тигезлегенә көннәрендә Кояшның горизонттан өстәгә һәм аннан астагы юллары тигез, димәк, көн белән төннең озынлыгы да тигез була.

Көн-төн тигезлеге көннәрендә Кояшның авышуы күпме?



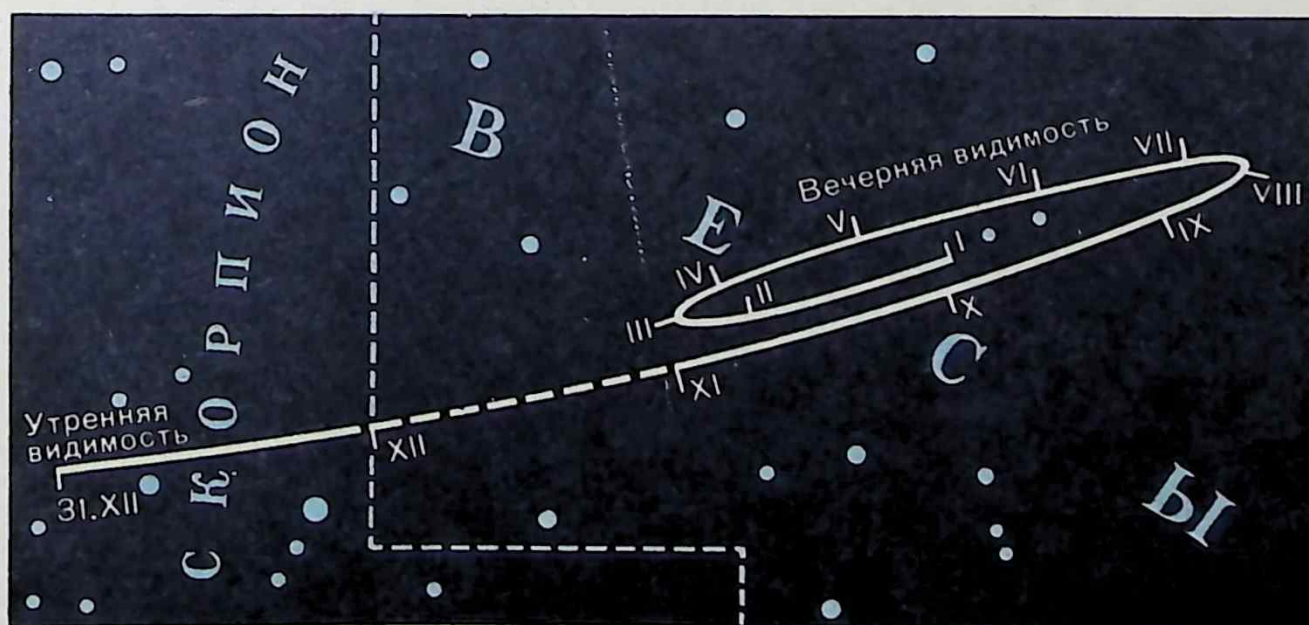
Эклиптика буенча хәрәкәт итеп, Кояш 22 июньдә күк экваторыннан дөньяның төньяк полюсына таба иң еракка китә ($23^{\circ} 27'$ ка). Жирнең төньяк ярымшары өчен ул төш вакытында горизонттан иң биектә була (күк экваторыннан да шулкадәр үк биеклектә, 17 һәм 18 рәсемнәрне карагыз). Иң озын көн ул жәйге Кояш торгынлыгы көне дип атала.

Эклиптиканың зур түгәрәге күк экваторының зур түгәрәген $23^{\circ} 27'$ лы почмак ясап кисә. Кышкы Кояш торгынлыгы көне 22 декабрьдә Кояш экватордан шулкадәр түбәнрәк була (17 һәм 18 рәсемнәрне карагыз). Шулай итеп, Кояшның бу көнге кульминациясе 22 июньдәгегә караганда $46^{\circ} 54'$ ка түбәнәя һәм иң кыска көн була (Физик география курсынан белгәнәбезчә, Кояшның Жирне яктырту һәм жылыту шартларының төрлечә булуы климат поясларын, ел вакытлары алышуны китереп чыгара).

Борынгы заманнарда Кояшны аллалаштыру периодик рәвештә бер ел эчендә кабатлана торган күренешләрне: табигатьнең кышын үлүен, язын яңадан тууын читләтеп сурәтләүче мифларны — «Кояш-алланың» «тууы», «яңадан туу» турындагы риваятьләрне китереп чыгарган. Христиан бәйрәмнәрендә Кояшка табынуның эзләре чагыла.

Кояшның юлы зодиакаль йолдызлыклар («зоон» (хайван) — грек сүзе) дип аталган 12 йолдызлык аша үтә, ә алар барысы бергә зодиак поясы дип йөртелә. Аңа Балыклар

19. Планетаның күк йөзөндә бер ел эчендәге күренмә юлы.



(Рыбы), Овен (Овен), Үгез бозау (Телец), Игезәкләр (Близнецы), Кысла (Рак), Арыслан (Лев), Кыз (Дева), Үлчәү (Весы), Чаян (Скорпион), Укчы (Стрелец), Кәжәмөгез (Козерог), Сукояр (Водолей) йолдызлыклары керә. Һәр зодиакаль йолдызлыкта Кояш бер ай чамасы була. Язгы көн-төн тигезлеген ноктасы Ү (күк экваторы белән эклиптиканың кисешү нокталарынан берсе) Балыклар (Рыбы) йолдызлыгына туры килә.

Аңлашыла ки, Кояш булган зодиакаль йолдызлыкка капмакаршы торучы йолдызлык югары кульминациядә төн уртасында була. Мәсәлән, март аенда Кояш Балыклар (Рыбы) йолдызлыгында була, ә төн уртасында Кыз (Дева) йолдызлыгы кульминациядә була.

Димәк, Жир тирәсендә әйләнә торган Айның күренмә хәрәкәте дә, Жир Кояш тирәсендә әйләнүгә карамастан, Кояшның күренмә хәрәкәте дә бер төрле үк күренә һәм шулай тасвирлана. Мондый күзәтүләр нигезендә генә Кояш Жир тирәсендә яки Жир Кояш тирәсендә әйләнә дип нәтижә чыгарырга ярамый.

Планеталар әкрерәк һәм шактый катлаулы рәвештә күчәләр. Алар йолдызлы күк фонында әле бер, әле икенче якка күчеп, элмәкләр ясап хәрәкәт итәләр (19 нчы рәсем). Бу аларның чын хәрәкәтләре белән Жир хәрәкәтенен кушылуыннан килеп чыга. Йолдызлы күктә планеталар (борынгы грек телендә бу «гизүчеләр» дигән сүз), Ай белән Кояш кебек үк, даими урын биләмиләр. Шуңа күрә йолдызлы күк йөзә картасын төзегәндә, анда Кояш, Ай һәм планеталарның урынын билгелә бер момент өчен генә күрсәтергә була.

мәсьәлә чишү үрнәге

Мәсьәлә. Жәйге һәм кышкы Кояш торгынлыгы көннәрендә Архангельскида һәм Ашхабадта Кояшның төш вакытындагы биеклеге билгеләгез.

Бирелгән:

$$\varphi_1 = 65^\circ$$

$$\varphi_2 = 38^\circ$$

$$\delta_{\text{ж}} = 23,5^\circ$$

$$\delta_{\text{к}} = -23,5^\circ$$

$$h_{1\text{ж}} - ? \quad h_{2\text{ж}} - ?$$

$$h_{1\text{к}} - ? \quad h_{2\text{к}} - ?$$

Чишү.

Архангельск (φ_1) һәм Ашхабадның (φ_2) географик киңлекләрен география картасыннан табабыз. Кояшның жәйге һәм кышкы Кояш торгынлыгы көннәрендәге авышулары билгелә.

$h = 90^\circ - \varphi + \delta$ формуласыннан табабыз:

$$h_{1\text{ж}} = 48,5^\circ, \quad h_{1\text{к}} = 1,5^\circ,$$

$$h_{2\text{ж}} = 75,5^\circ, \quad h_{2\text{к}} = 28,5^\circ.$$

Кояш торгынлыгы көннәрендә Кояшның төш вакытындагы биеклекләре аермасы аның бу көннәрдәге авышулары аермасы белән ничек бәйләнгән, шуңа игътибар итегез.

Кояшның бер үк көндө бу ике шәһәрдәге биеклекләре аермасын шәһәрләрнең географик киңлекләре аермасы белән чагыштырыгыз. Нәтижә ясагыз.

Кояшның кайсы да булса бер шәһәр өчен жәйге Кояш торгынлыгы көнөндәге төшкө биеклеген билгелә булса, икенче шәһәр өчен аның биеклеген ничек исәпләргә?

4 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Жәйге Кояш торгынлыгы көнөндә Кояшның кульминациясе кайсы географик киңлектә зенитта була?
2. Жир экваторындагы күзәтүче өчен Кояш кайсы көнөрдә зенитта була?
3. Кояшның кышкы Кояш торгынлыгы көнөндәге кульминациясе көньяк ноктасына туры килә торган пунктның географик киңлеген табыгыз.

3 НЧЕ БИРЕМ

1. Йолдызлар картасында 12 зодиакаль йолдызлыкны табыгыз. Күзәтүләр үткәргән кичне нинди зодиакаль йолдызлыкларның горизонттан өстә булуын йолдызлы күкнең күчмә картасы ярдәмендә билгеләгез.
2. «Мәктәп астрономия календаре»ннан планеталарның хәзерге вакытка туры килгән координаталарын язып алыгыз, аларның кайсы йолдызлыкларда булуын билгеләгез. Кичке күк йөзөндә аларны табыгыз.

6. АЙНЫҢ ХӘРӘКӘТЕ. КОЯШ ҺӘМ АЙ ТОТЫЛУ

1. **Ай фазалары.** Ай Жир тирәли Жирнең үз күчәре тирәсендә әйләнү юнәлешендә хәрәкәт итә. Белгәнәбезчә, бу хәрәкәтнең чагылышы булып Айның йолдызлар фонында күк әйләнешенә капма-каршы булган күренмә хәрәкәте тора. Ай тәүлек саен йолдызларга карата якынча 13° ка көнчыгышка таба авыша, ә 27,3 тәүлектән соң күк сферасында тулы түгәрәк сызып, яңадан шул ук йолдызларга әйләнеп кайта.

Айның Жир тирәсендә йолдызларга карата әйләнү периоды (исәпләүләрнең инерциаль системасы) йолдызча яки сидерик ай дип атала (латин сүзе *sidus* — йолдыз). Ул 27,3 тәүлектән тора.

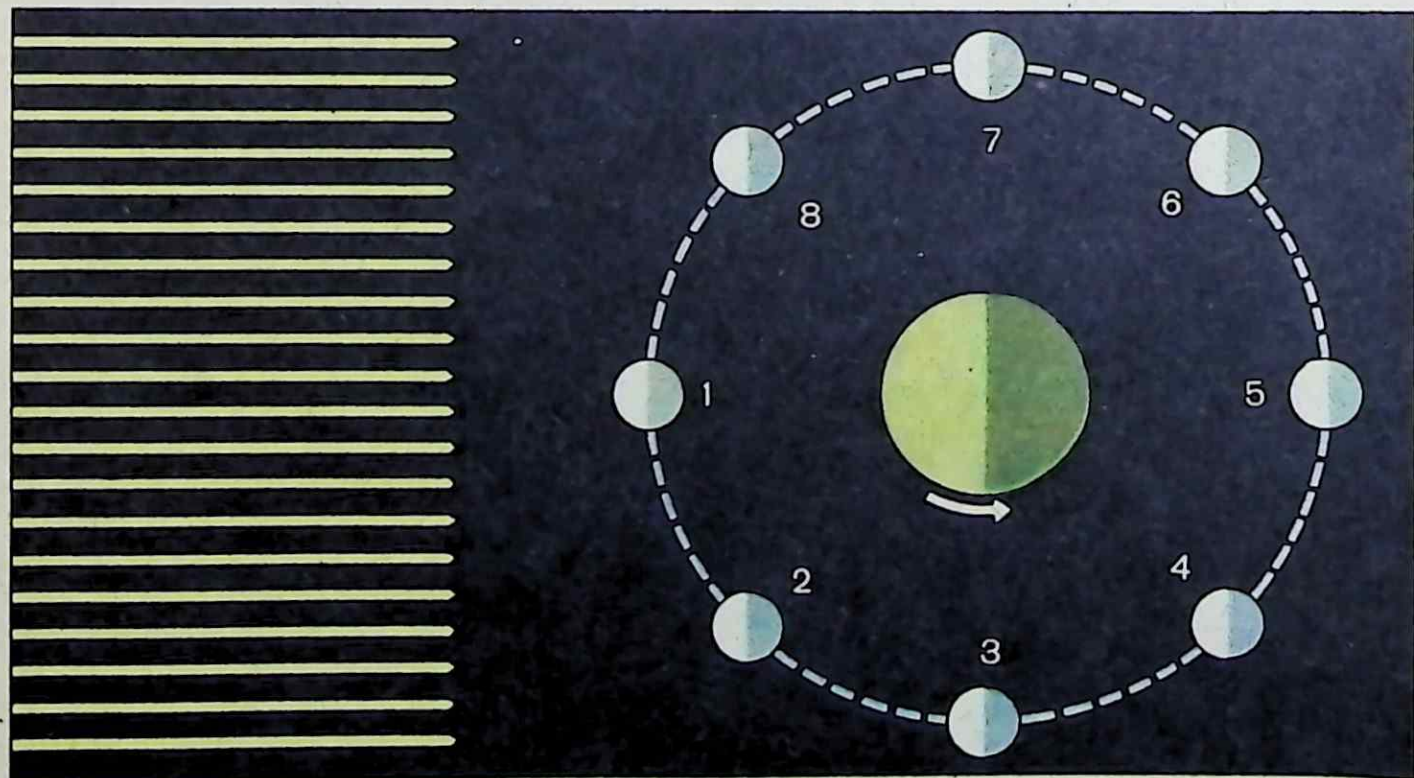
Айның күренмә хәрәкәте вакытында Айның рәвеше дә үзгәрә — *фазалары алышына*. Бу күренеш Айның үзен яктырта торган Кояшка һәм Жиргә карата төрле торышларда булуынан килеп чыга. Ай фазаларының алмашынуын аңлаткан схема 20 нче рәсемдә бирелгән.

Ай безгә нәзек урак булып күренгәндә, аның дискисының калган өлеше дә берәз яктырып тора. Бу күренеш *көлсыман яктылык* дип атала. Ул Жир үзеннән кайтарылган Кояш яктысы белән Айның төнгә ягын яктыртудан килеп чыга.

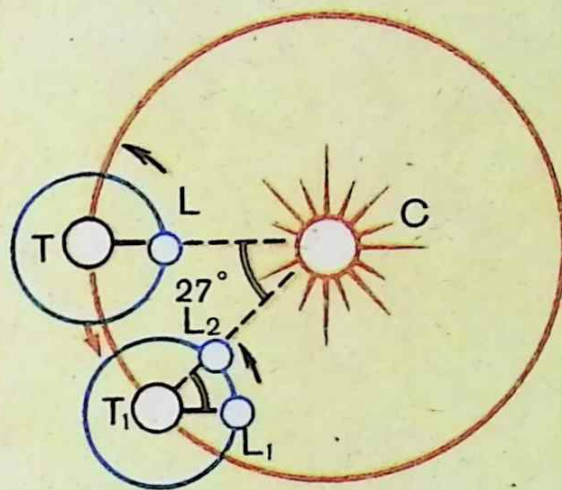
Айның бер-бер артлы килгән бертөрле фазалары арасындагы вакыт синодик ай дип атала (грек сүзе — *synodos* — тоташтыру). Бу Айның Жир тирәсендә Кояшка карата әйләнү периоды. Күзәтүләрдән күренгәнчә ул 29,5 тәүлеккә тигез.

Шулай итеп, синодик ай сидерик айдан озынрак. Бу жиңел аңлашыла: Айның бертөрле фазалары ул Жир белән Кояшка карата бертөрле торышта булганда барлыкка килә. 21 нче рәсемдә Жир (T) белән Айның (L) үзара торышлары тулы ай вакытында бирелгән. Ай (L) 27,3 тәүлектә тулы әйләнеш ясап, йолдызларга карата элеккеге торышына кайта. Бу вакыт эчендә Жир (T), Ай белән бергә, үз орбитасы буйлап Кояшка карата 27° чамасы булган TT_1 дугасын үтәр, чөнки ул һәр тәүлектә 1° чамасы авыша. Жир (T_1) белән Кояшка карата элекке торышына кайту өчен (тулы ай булсын өчен), Айга (L) тагын ике тәүлек чамасы вакыт кирәк була. Чыннан да, Ай тәүлеккә $360^\circ : 27,3 \text{ тәүл} = 13^\circ / \text{тәүл}$ араны үтә, ә 27° лы дуганы үтү өчен аңа $27^\circ : 13^\circ / \text{тәүл} = 2 \text{ тәүл}$ кирәк була. Айның синодик ае 29,5 Жир тәүлегә чамасы булып чыга.

20. Ай фазаларының алмашынуы (кояш нурлары сулдан төшә, югарыда Айның Жирдән күренә торган фазалары бирелгән).



Без һәрвакыт Айның бары бер ярымшарын гына күрәбез. Бу кайвакыт Ай үз күчәре тирәсэндә әйләнмәгән кебек тоела. Ә чынлыкта ул Айның үз күчәре тирәсэндә әйләнү периоды белән Жир тирәсэндә әйләнү периодларының тигез-легә белән аңлатыла.

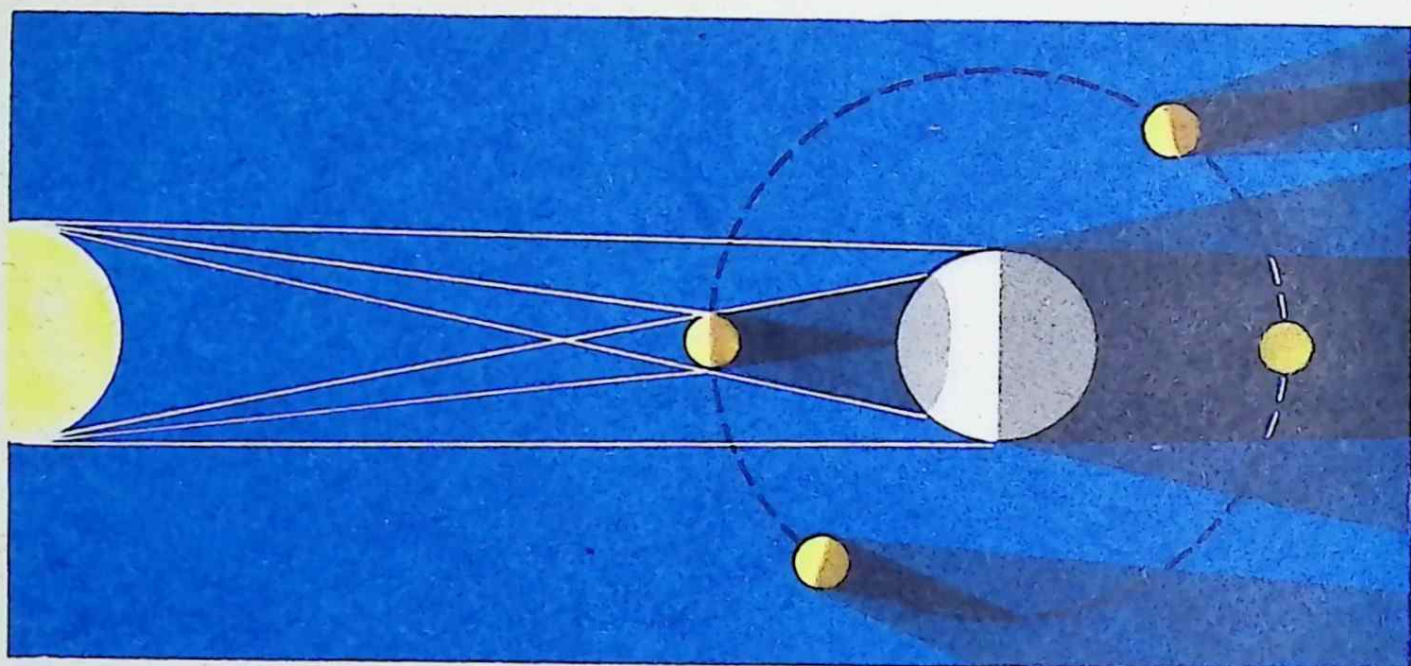


21. Йолдызча ай белән синодик ай арасындагы аерма.

Жир белән Айның фазалары үзара капма-каршы булуын аңлавы кыен түгел. Ай тулып килгәндә, Жир Айдан нәзек урак кебек булып күренә. 42 нче рәсемдә күк йөзенен, Ай горизонтының һәм Жирнең фоторәсеме күрсәтелгән, анда Жирнең ярымтүгәрәктән кечерәк яктыртылган өлеше генә күренеп тора.

1. Ай урагының кабарынкы ягы уңга караган һәм горизонтка якин тора. Ул горизонтның кайсы ягында тора?
2. Бүген Айның югарыгы кульминациясе төн уртасында көньякта булды. Айның киләсе югарыгы кульминациясе кайчан булыр?
3. Айда йолдызларның кульминациясе нинди вакыт аралыклары аша була?

2. Ай һәм Қояш тотылу. Қояш белән яктыртылган Жир һәм Айдан (22 нче рәсем) конус формасындагы (жыелып төшүче) күлгә һәм конус формасындагы (таралып төшүче) ярымкүлгә төшә. Ай Жирнең күлгәсенә тулысынча яки өлешчә элэк-



22. Ай һәм Кояш тотылу схемасы (рәсемдә масштаб сакланмаган).

кәндә, *Айның тулы яки өлешчә тотылуы* була. Ул Жирнең Ай горизонт өстендә булган барлык урыныннан да бер үк вакытта күренә. Айның тулы тотылуы Ай Жир күлэгәсеннән чыга башлаганга кадәр була һәм 1 сәг 40 мин ка кадәр дәвам итә ала. Кояш нурлары, Жир атмосферасында сынып, Жир күлэгәсенен конусына элгә. Бу вакытта атмосфера зәңгәр һәм аңа күрше нурларны йота (40 нчы рәсемне карагыз), ә үзе азрак йота торган кызыл нурларны күбесенчә конус эченә үткәрә. Шуңа күрә дә Ай озак тотылу фазасында бөтенләй югалмый, кызгылт төскә керә. Борынгы заманда Ай тотылудан дәншәт билгесе дип курыкканнар. «Ай канга бата», дип уйлаганнар. Ай тотылу елга өч мәртәбәгә кадәр булырга мөмкин. Ул ярты ел саен диярлек кабатлана һәм, әлбәттә, тулган Ай вакытында гына була.

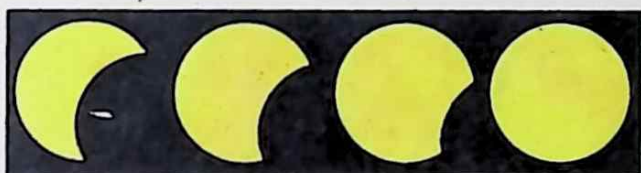
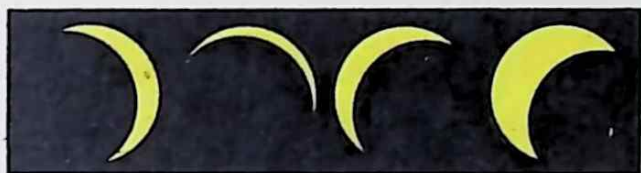
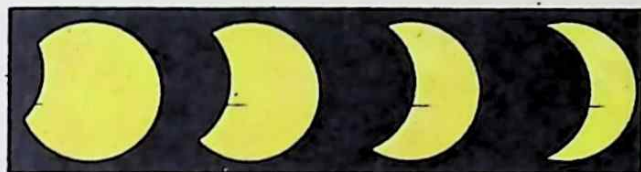
Кояшның тулы тотылуы Жиргә Ай күлэгәсә төшкән урында гына күренә. Күлэгә төшкән урынның диаметры 250 км дан зур булмый, һәм шуңа күрә Кояшның тулы тотылуы бер үк вакытта Жир шарының кечкенә участогында гына күренә. Ай үз орбитасы буенча хәрәкәт иткәндә, аның күлэгәсә Жирдә көнбатыштан көнчыгышка таба тар гына тулы Кояш тотылу полосасы хасил итеп, күчә бара (23 нче рәсем).

Жиргә Айның ярымкүлэгәсә төшкән урыннарда Кояшның өлешчә тотылуы күзәтелә (24 нче рәсем).

Жирнең Ай белән Кояштан ераклыклары аз гына үзгәрүе сәбәпле, Айның күренмә почмакча диаметры әле Кояшныкынан



23. Ай күлөгөсө төшкөн урынның Жир шары буенча күчүе.



24. Кояшның өлөшчө тотылу фазаларының эзлеклелеге.

аз гына зуррак, эле бераз кечерэк, эле аңа тигез була. Беренче очракта Кояшның тулы тотылуы 7 мин 40 с чамасы давам итэ, өченчесендэ — бер мизгел генэ давам итэ, икенче очракта Ай, гомумэн, Кояшны тулысынча капламый, һәм *божрасыман тотылу* күзэтелэ. Ул чагында Айның караңгы дискисы тирэсендэ Кояш дискисының балкып торган каймасы күренэ.

Жир белән Ай хәрәкәтенен законнарын төгәл белү нигезендэ Кояш тотылу моментлары һәм аларның кайда, ничек күренергә тиешлеге йөзләрчэ елга алдан исәпләп куелган. Кояш тотылу карталары төзелгән. Аларда тулы тотылу полосасы, бер үк фазадагы тотылу күренергә тиешле сызыklar (изофазалар) һәм аларга карата һәр урын өчен тотылуның башын, ахырын һәм уртасын исәпләп чыгарырга мөмкин булган сызыklar күрсәтелгән.

Жирдэ Кояш тотылу бер елда икедән алып бишкэ кадэр булырга мөмкин, соңгы очракта Кояш тотылу һичшиксез өлөшчэ генэ була. Бер үк урында тулы Кояш тотылу бик сирэк, уртача алганда, 200—300 ел эчендэ бер тапкыр гына күренэ.

Элек дини хорафатларга ышанучы надан кешеләрне куркуга салган тулы Кояш тотылулары фән өчен аеруча кызыклы. Аларны сугыш башлануы, ахыр заман билгеләре дип уйлаганнар.

Астрономнар, Кояшның башка вакытта турыдан-туры күзәтеп булмый торган сирәкләнгән тышкы сүрүләрен тулы тотылу фазасында секундлар эчендэ, сирэк кенэ очракларда минутлар

эчендә өйрәнү өчен, тулы тотылу полосасына экспедицияләр жиберәләр. Тулы Кояш тотылу вакытында күк йөзе карангылана, горизонт буйлап шәфәк нурлары божрасы балкый — тотылу өлешчә булган урыннарда Кояш нурлары белән яктырган атмосфера нур чәчә башлый; Кояшның кара дискисы тирәсендә Кояш тажының энжедәй нурлар балкышы жәелә (69 нчы рәсемне карагыз).

Әгәр дә айның орбита яссылыгы эклиптика яссылыгы белән тәңгәл килсә, һәр яңа Ай туганда Кояш тотылу, һәр тулган Ай вакытында Ай тотылу булыр иде. Ләкин Айның орбита яссылыгы эклиптика яссылыгын $5^{\circ}9'$ лы почмак ясап кисә. Шуңа күрә Ай гадәттә эклиптика яссылыгынан көньяктарак яки төньяктарак үтеп китә һәм Кояш тотылу булмый кала. Тулган Ай һәм яңа туган Ай эклиптика яссылыгы янында булганда, ыргышар ел диярлек период аша, елга ике мәртәбә тотылулар булырга мөмкин.

Ай орбитасы яссылыгы пространствода әйләнә (бу — Айның Жиргә карата хәрәкәтендә Кояшның тартуы китереп чыгара торган тайпылышларның бер төре). Ул 18 елга бер тулы әйләнеш ясый. Шуңа күрә мөмкин булган тотылу периодлары ел даталары буенча үзгәрә. Борынгы заман галимнәре тотылуларның шушы 18 еллык период аша әледән-әле кабатлануын белгәннәр һәм чама белән Кояш һәм Ай тотылуның башлану вакытын алдан әйтә алганнар. Хәзерге вакытта Кояш яки Ай тотыла башлау моменты алдан исәпләп чыгарудагы ялгышу 1 с тан да кимрәк.

Алда булачак тотылулар һәм аларның күренү шартлары турындагы мәгълүматлар «Мәктәп астрономия календаре»нда бирелә.

6 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Кичә Ай тулган иде. Иртәгә Кояш тотылу булуы мөмкинме? Ә бер атнадан соң?
2. Берсекөнгә Кояш тотылу булачак. Бүген айлы төн булырмы?
3. 15 нче ноябрьдә Жирнең Төньяк полюсыннан Кояш тотылуын күзәтеп буламы? Ә 15 нче апрельдә? Җавапны аңлатырга.
4. Июньдә һәм ноябрьдә була торган Ай тотылуларын Жирнең Төньяк полюсыннан күзәтеп булырмы? Җавапны аңлатырга.
5. Ай тотылу фазасын аның гадәти бер фазасыннан ничек аерырга?
6. Жирдә Кояш тотылуларның давамлылыгы белән чагыштырганда, Айда Кояш тотылуларның давамлылыгы нинди?

7. ВАКЫТ ҺӘМ КАЛЕНДАРЬ

1. Төгәл вакыт һәм географик озынлыкны билгеләү. Астрономиядә кыска вакыт араларын үлчәү өчен төп берәмлек итеп *Кояш тәүлекләренең уртача давамлылыгы*, ягъни *Кояш үзәгенәң ике югарыгы (яки түбәнге) кульминацияләре арасындагы уртача вакыт арасы алына*. Кояш тәүлекләренең озынлыгы ел буенча берәз үзгәрәп торганга күрә, Кояш тәүлекләренең уртача давамлылыгын кулланырга туры килә. Ул үзгәреш Жирнең Кояш тирәсендә түгәрәк буенча әйләнмичә, эллипс буенча әйләнә йөрүеннән һәм шул ук вакытта Жир тизлегенәң аз гына үзгәрәп торуыннан килә. Кояшның эклиптика буенча еллык күренмә хәрәкәтендәге тигезсезлек тә шуннан килеп чыга.

Әйтеп үткәнебезчә, Кояш үзәгенәң югары кульминациядәге моменты *чын төш вакыты* дип атала. Сәгатьне дөресләү һәм төгәл вакытны белү өчен, Кояшның кульминация моментын билгеләү шарт түгел. Йолдызларның кульминация моментын билгеләү җайлырак та, төгәлрәк тә, ә теләсә кайсы йолдыз белән Кояш кульминацияләре моментының аермасы теләсә нинди вакыт өчен төгәл билгеле. Шуңа күрә төгәл вакытны белү өчен, махсус оптик приборлар ярдәмендә йолдызларның кульминация моментын билгелиләр дә, алардан чыгып, вакытны «саклаучы» сәгатьләрнең дөреслеген тикшерәләр. Күк йөзенәң күзәтелә торган әйләнеше даими почмакча тизлек белән барса, югарыда әйтелгәнчә билгеләнгән вакыт бик төгәл булыр иде. Ләкин Жирнең үз күчәре тирәсендә әйләнү тизлегенәң, димәк күк сферасының күренмә хәрәкәтенәң дә, вакыт үтү белән аз гына үзгәрүе билгеле булды. Шуңа күрә хәзер төгәл вакытны «саклау» өчен махсус атом сәгатьләре кулланыла. Аларның йөрешен атомнардагы даими ешлыклы тирбәнү процесслары тикшереп тора. Кайбер обсерваторияләренәң сәгатьләре атом сәгатьләре сигналы белән тикшерелә. Атом сәгатьләре билгеләгән вакыт белән йолдызларның күренмә хәрәкәтеннән чыгып билгеләнгән вакытны чагыштыру Жир әйләнешендәге тигезсезлекне өйрәнәргә мөмкинлек бирде.

Астрономик күзәтүләрдән чыгып, төгәл вакытны билгеләү, аны саклау һәм радио буенча халыкка тапшыру — *төгәл вакыт идарәләренең* бурычы. Төгәл вакыт идарәсе бик күп илләрдә бар.

Диңгез һәм һава флоты штурманнары, төгәл вакытны белүгә мохтаж булган күп кенә фәнни һәм производство оешмалары төгәл вакыт сигналларын радио буенча алып торалар. Төгәл вакытны белү, аерым алганда, жир өстендәге төрле пунктларның географик озынлыгын билгеләү өчен дә кирәк.

СССРның физик географиясе курсынан сезгә жирле вакыт, пояс вакыты һәм декретча вакыт, шулай ук ике пунктның географик озынлыклары аермасын бу пунктларның жирле вакыт аермалары буенча табу билгеле. Мондый мәсьәлэләр йолдызларның кульминация моментларын күзәтүгә нигезлэнгән астрономик методлар белән чишелә. Аерым пунктларның төгәл координаталарын билгеләү нигезендә Жир өстенен картографиясе төзелә.

2. Календарь. Кешеләр элек-электән үк озын вакыт араларын үлчәү өчен ай дигән берәмлектән яки Қояш елыннан, ягъни Қояшның эклиптика буенча бер әйләнәп чыгу вакытыннан файдаланганнар. Ел ел вакытлары үзгәрүнең периодик булуын күрсәтә. Қояш елы 365 Қояш тәүлегә 5 сәгать 48 минут 46 секунд дәвам итә. Қояш елы тәүлекләр һәм ай озынлыгы белән — Ай фазалары алышыну периоды белән — (29,5 тәүлек чамасы) практик яктан үлчәнәшсез. Менә шул гади һәм уңай календарь төзүне кыенлаштыра. Кешелекнең күп гасырлар буена яшәү дәверендә төрле календарь системалары булдырылган һәм кулланылган. Аларны өч типка бүлсәк мөмкин: Қояш календаре, Ай календаре һәм Қояш-Ай календаре. Борынгы Мисырда кулланылган Қояш календаре гадирәк тә, жайлырак та булган.

Календарь төзегәндә шуны исәпкә алу зарур: календарь елының дәвамлылығы Қояшның эклиптика буенча әйләнү периодына мөмкин кадәр яқын булырга, календарь елындагы Қояш тәүлекләре бөтен сан белән исәпләнәргә тиеш, чөнки елны тәүлекнең төрле вакытыннан башлау бик уңайсыз булыр иде.

Александриялә астроном Созиген төзегән һәм б. э. к. 46 нчы елда Римда Юлий Цезарь керткән календарь югарыда әйтелгән шартларга туры килә. Сезгә физик география курсынан билгеле булганча, соңга таба бу календарь *Юлиан* яки *иске стиль* календаре дигән исем алган. Бу календарьда өч тапкыр рәттән елны 365 тәүлек дип исәплиләр һәм гади ел дип атыйлар. Алар артыннан бер ел 366 тәүлектән тора дип исәпләнә, ул кәбисә

елы дип атала. Юлиан календаренда номерлары 4 кә калдыксыз бүленә торган еллар кәбисә елы була.

Бу календарьда ел уртача 365 тәүлек 6 сәгатътән тора, ягъни чынбарлыктагыдан якынча 11 мин ка озынрак. Шуңа күрә иске стиль чынбарлыктагы вакыттан һәр 400 ел саен якынча 3 тәүлеккә артта калган.

Хәзерге вакытта дөньяның күпчелек илләрендә Григорий календаре дип аталган Кояш календаре кабул ителгән.

СССРда 1918 елда, ә күпчелек илләрдә элегрәк кабул ителгән *Григорий* календаренда (*яңа стильдә*) ике нульгә беткән еллар (боларга йөзләр саны 4 кә калдыксыз бүленә торган 1600, 2000, 2400 һ. б. ш. еллар керми) кәбисә елы дип саналмый. Шул рәвешчә 400 ел буе жыелган 3 тәүлеккә төзәтмә кертелә. Шулай итеп, яңа стильдәге елның уртача давамлылыгы Кояшның эклиптика буенча әйләнү периодына бик якын булып чыга.

XX гасыр башына яңа стиль белән иске стиль (Юлиан стиль) арасындагы аерма 13 тәүлеккә житте. Безнең илдә яңа стиль 1918 елда гына кертелгәнә, 1917 елның 25 нче октябрендә булган (иске стиль белән) Октябрь революциясе 7 нче ноябрьдә (яңа стиль белән) бәйрәм ителә.

Иске стиль белән яңа стиль арасындагы 13 тәүлеклек аерма XXI гасырда әле сакланачак, ә XXII гасырда 14 тәүлеккә житәчәк.

Яңа стиль дә, билгеле, бик үк төгәл түгел, ләкин 1 тәүлеккә тигез аерма 3300 елдан соң гына жыелачак.

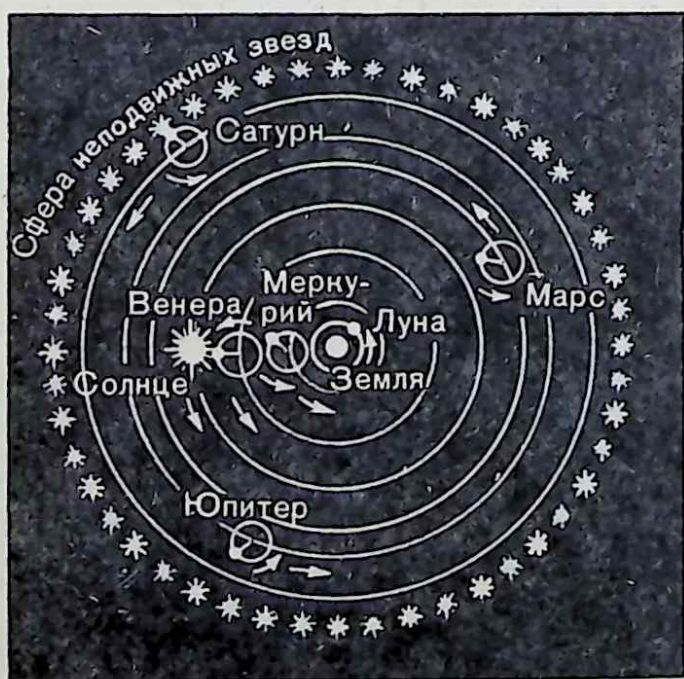
III. КҮК ЖИСЕМНЭРЕНЕЦ ХЭРЭКЭТЕ

8. ДӨНЬЯГА ФЭННИ КАРАШ ӨЧЕН КӨРЭШ

Күктәге күренешләрне дәрәс итеп аңлау гасырлар буена тупланып килгән. Сөз астрономиянең борынгы Мисырда, Кытайда барлыкка килүе турында, моннан шактый соңрак борынгы грек галимнәренең казанышлары, жрецларның күзәтүләре һәм аларның табигать турындагы ялган күзаллаулары һәм үзләренең бу белемнәрен үз табышлары өчен генә файдаланулары турында беләсез. Астрологияне барлыкка китерүчеләр жрецлар булган. Астрология — аерым кешеләр һәм халыкларның язмышына, характерына планеталар тәэсир итә һәм яктырткычларның торышына карап язмышны алдан әйтеп була дигән ялган тәғлимат.

Шулай ук сөзгә дөньяның геоцентрик системасы да билгеле. Бу системаны безнең эраның II гасырында борынгы грек галиме *Клавдий Птолемей* эшләгән. Ул дөньяның үзәгенә шар формасындагы, ләкин хәрәкәтсез Жирне «куйган», ә барлык башка яктырткычлар Жир тирәсендә әйләнәп йөри, дип әйткән (25 нче рәсем). Планеталарның элмәксыман күренмә хәрәкәтен Птолемей ике тигез әйләнмә хәрәкәтнең кушылуы белән аңлат-

25. Птолемей буенча дөнья системасы.



кан: планета үзәккә әйләнә буенча, ә ул әйләнәнән үзәгә, үз чиратында, Жир тирәсендә зур түгәрәк буенча әйләнәп йөри, дигән. Ләкин, планеталар торышын күзәтү мәғлүматлары туплана барган саен, Птолемей теориясен катлауландыру кирәк була, ә бу аны гаять авырайта һәм кеше ышанмаслык итә. Наман катлаулана барган системаның күренеп торган ясалмалылыгы, теория белән күзәтүләр арасында житәрлек ярашу булмау бу системаны

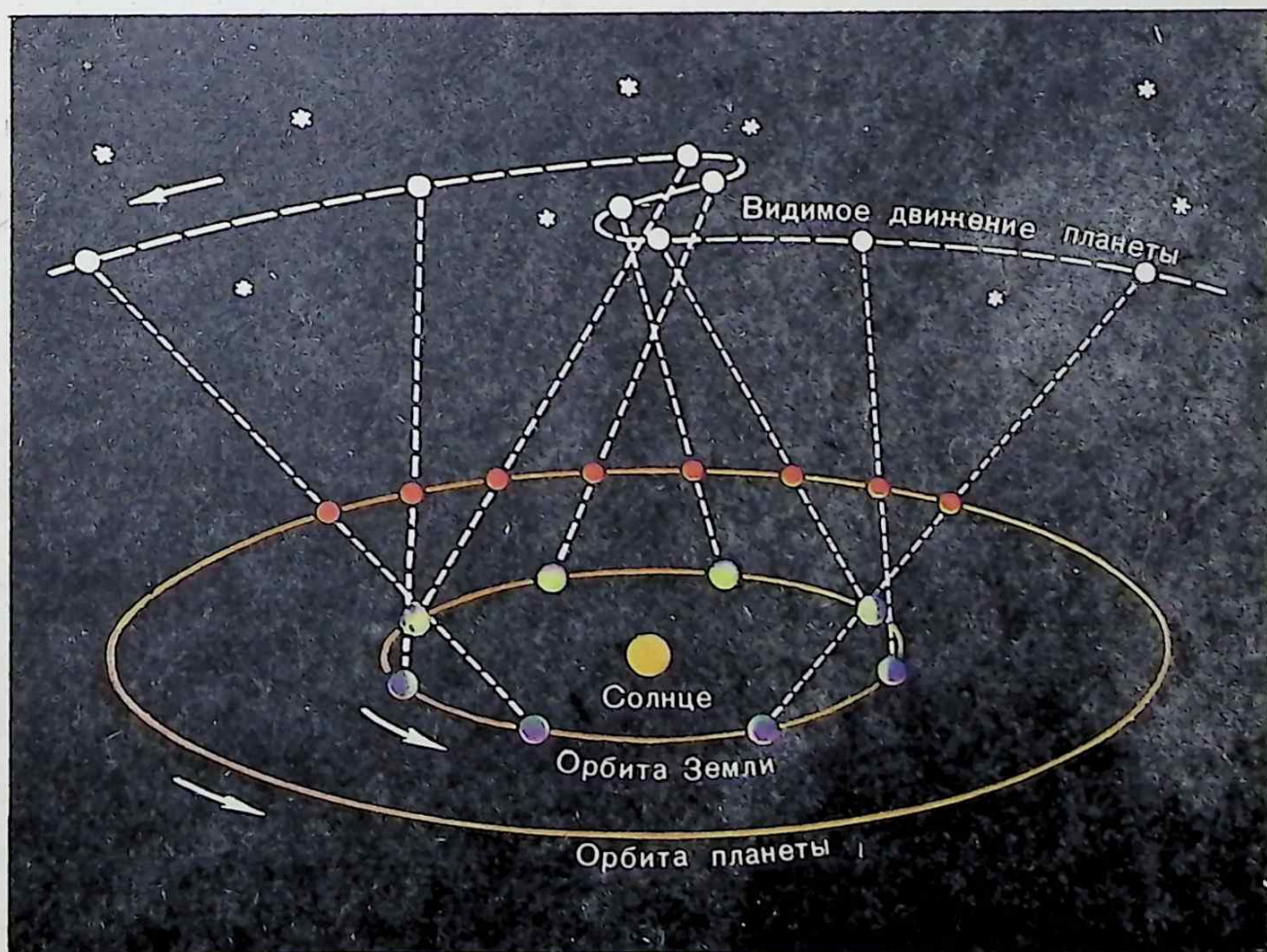
алыштыру кирәклеген таләп итә. Моңы XVI ғасырда бөөк поляк галиме *Николай Коперник* (1473—1543) башкара.

Коперник ғасырлар буена кешеләр акылын биләп килгән догматик фикерне — Жир хәрәкәтләнми дигән фикерне кире каккан. Жирне гади планеталар санына кертәп, Коперник Жирнең Кояштан өченче урында торуын, башка планеталар белән беррәттән Кояш тирәсендә хәрәкәт итүен, шуның өстенә үз күчәре тирәсендә дә әйләнүен күрсәткән. Ул вакытта билгеле булган күк күренешләрен һәм планеталарның күренмә элмәксыман хәрәкәтен



Николай Коперник (1473—1543). Дөньяның гелиоцентрик системасына, яғни Жир башка планеталар белән бергә Кояш тирәсендә әйләнеп йөри дигән теориягә нигез салучы поляк астрономы.

26. Жирдән күзәткәндә планетаның күк йөзене проекциясә элмәк сыза (сызым «яңнан» проекциядә ясалған).



бары тик Жирнең үз күчәре тирәсендә әйләнүе һәм Қояш тирәсендә хәрәкәт итүе белән генә дәрәс аңлатырга мөмкин икәннен исбат иткән (19 нчы һәм 26 нчы рәсемнәр). Астрономиядә һәм кешеләрнең дөньяга карашында Коперникның гелиоцентрик теориясе ясаган бу революция, Ф. Энгельс әйткәнчә, табигатьне тикшерүне диннән азат итте.

Күккә беренчеләрдән булып телескоп юнәлткән *Галилео Галилей* (1564—1642) үзенең ачышларын Коперник теориясен раслаучы факт дип бик дәрәс бәяләгән. Мәсәлән, Галилей Венераның фазаларын ача. Ул аларның шундый алышынулары Венера Жир тирәсендә түгел, бәлки Қояш тирәсендә әйләнеп йөргән очракта гына мөмкин булуын таба. Галилей Айда таулар барлыгын белә һәм аларның биеклеген үлчи. Жир белән күк жисемнәре арасында принципияль аерма юклыгы белән, мәсәлән, Жирдәге тауларга охшаган таулар күк жисемнәрендә дә бар. Бу — Жирнең шундый жисемнәрнең берсе булуына ышануны ныгыта.

Галилей Юпитер планетасының дүрт иярченен ача. Аларның Юпитер тирәсендә әйләнеп йөрүе бары тик Жир генә әйләнү үзәгендә тора дигән фикерне юкка чыгара. Галилей Қояшта таплар күрә һәм, аларның күчүенә карап, Қояш үз күчәре тирәсендә әйләнә дигән нәтижә ясый. «Иң саф күк» эмблемасы дип саналган Қояшта таплар булу да Жир белән күк арасында принципияль аерма бар дигән идеяне юкка чыгара.

Телескоптан караганда Киек Қаз Юлы күп санлы тонык йолдызларга таркала. Галәм кеше каршына, Аристотоль, Птолемей һәм урта гасырдагы чиркәү әһелләре уйлаганча, Жир тирәсендә әйләнә торган кечкенә дөнья булып түгел, чагыштыргысыз зур бер нәрсә булып килеп баса. Сөзгә тарих һәм физика курсларынан билгеле булганча, дөнъяның төзелеше һәм күк жисемнәрендә тереклек булуы турындагы кыю философфик нәтижәләр ясаган *Джордано Бруно* (1548—1600) чиркәү тарафыннан жәзалап үтерелә. *М. В. Ломоносов* (1711—1765) Галәм төзелеше турындагы чын белемнәрне тарату хокукы өчен чиркәү әһелләренә каршы кыю көрәш алып бара. Ломоносов үзенең зирәк һәм кызыклы сатирик шигырьләрендә прогресс, фән, культура дошманнарыннан ачы көлә.

Кеше фикерен азат итү, чиркәүнең тар догмаларына суку рәвештә иярүдән баш тарту, табигатьне кыю рәвештә материа-

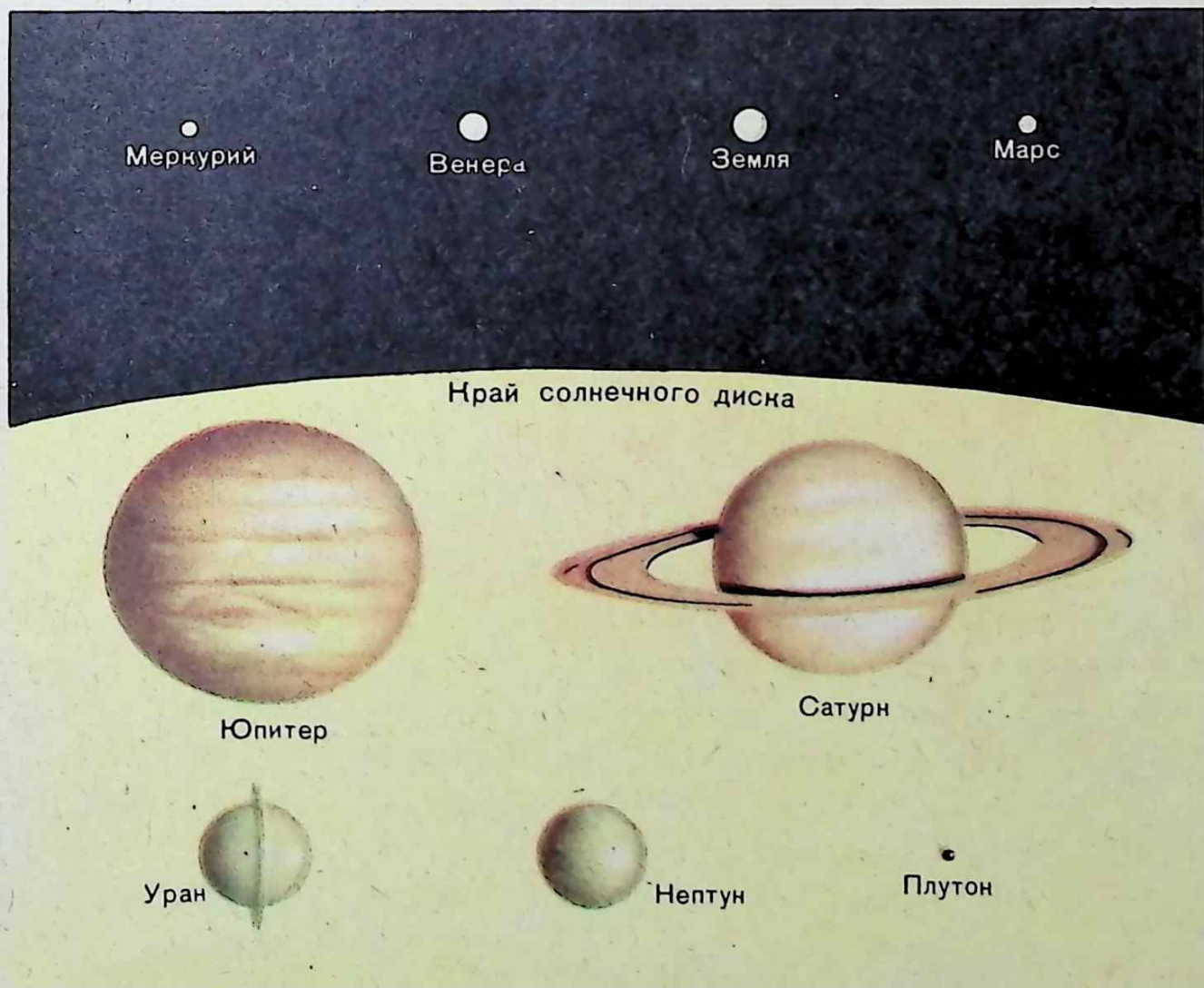
листик өйрөнүгө өндөү — Коперник, Бруно һәм Галилейнын дөньяга фәнни караш өчен, бөтөн кешелек дөньясы өчен уртак көрөшөнөң төп нәтижәсе ул.

9. КОЯШ СИСТЕМАСЫНЫҢ СОСТАВЫ ҺӘМ МАСШТАБЛАРЫ

Белгәнегезчә, Кояш системасын Кояш һәм иярченнәре белән бергә планеталар тәшкил итә, ә йолдызлар бездән планеталарга караганда чагыштыргысыз ерак урнашканнар. Безгә билгеле булган планеталарның иң ерагы — Плутон Жирдән Кояш белән чагыштырганда 40 тапкыр ераграк. Хәтта Кояшка иң якын йолдыз да бездән тагын 7000 тапкыр ераграк. Планеталарга һәм йолдызларга кадәр булган ераклыктар аермасын ачык итеп күз алдына китерергә кирәк.

Тугыз зур планета әйләнәдән аз гына аерыла торган эллипс буенча Кояш тирәсендә бер үк яссылыкта диярлек әйләнәп йөриләр. Кояштан ераклыктары арту тәртибендә плане-

27. Планеталарның һәм Кояшның зурлыктарын чагыштыру.



талар түбәндәгечә урнашканнар: *Меркурий, Венера, Жир, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон*. Шуның өстенә Кояш системасында кечкенә планеталар (астероидлар) күп, аларның күпчелеге Марс белән Юпитер орбиталары арасында хәрәкәт итә (баштагы форзацны карагыз). Кояш тирәсендә кометалар¹ — сирәкләнгән газдан торган гаять кинтышча белән әйләндереп алынган зур булмаган жисемнәр дә әйләнеп йөри. Аларның күбесе Кояш тирәсендә Плутон орбитасын узып китә торган эллиптик орбита буенча әйләнә. Болардан тыш, Кояш тирәсендә зурлыклары ком бөртегеннән алып вак астероид кадәр булган исәпсез-хисапсыз метеор жисемнәр әйләнеп йөри. Астероид һәм кометалар белән бергә алар Кояш системасының вак жисемнәрән тәшкил итәләр. Планеталар арасындагы пространство нык сирәкләнгән газ һәм космик тузан белән тулган. Аны магнит һәм гравитация кырларына ия булган электромагнитик нурланыш кисеп үтә.

Кояшның диаметры Жир диаметрыннан 109 тапкыр, массасы Жирнекеннән 333 000 тапкыр зуррак. Ә барлык планеталарның массасы Кояш массасының 0,1% ын гына тәшкил итә, шуңа күрә Кояшның тарту көче Кояш системасындагы барлык жисемнәрнең хәрәкәте белән идарә итә.

4 НЧЕ БИРЕМ

V кушымта буенча планеталарның Кояштан уртача ераклыктары, аларның Кояш һәм үз күчәрләре тирәсендә әйләнү периодлары, экватордагы диаметрлары һәм башка характеристикалары белән танышыгыз. 27 нче рәсемдә Кояш белән планеталарның үлчәмнәре ачык итеп күрсәтелгән.

10. КОНФИГУРАЦИЯЛӘР ҺӘМ ПЛАНЕТАЛАРНЫҢ КҮРЕНҮ ШАРТЫ

1. Планеталарның конфигурацияләре. *Планеталарның, Жирнең һәм Кояшның үзара үзенчәлекле кайбер торышларын планеталарның конфигурацияләре дип атыйлар.*

Барыннан да элек, орбиталары Жир орбитасының эчендә яткан эчке планеталарның (Венера һәм Меркурий) һәм тышкы планеталарның (калган барлык башка планеталар) Жирдән күренү шартлары бик нык аерылуын искәртик.

¹ Борынгы грек телендә комета «тузгак чәчле йолдыз» дигәнне аңлата.

Эчке планета Жир белән Кояш арасында яки Кояш артында булырга мөмкин. Андый торышларда планета күренми, Кояш нурларында югала. Мондый торышны планетаның Кояш белән кушылуы дип атыйлар. *Планета түбәнге кушылуда безгә иң якында, ә югары кушылуда бездән иң еракта була* (28 нче рәсем).

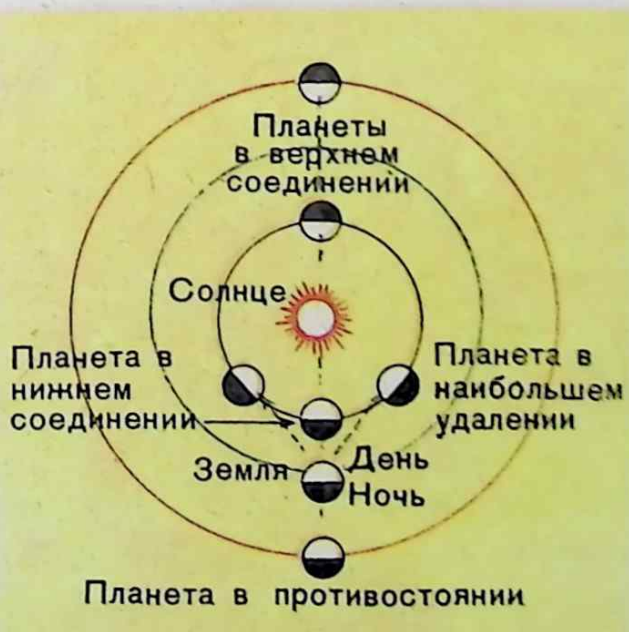
Жирдән Кояшка һәм эчке планетага үткәрелгән юнәлешләр арасындагы почмак билгеле бер зурлыктан артмый. Ул һәрвакыт кысыңкы почмак булып кала. Моңы күрү кыен түгел. *Бучик почмак планетаның Кояштан иң зур ераклыкка авышуы дип атала.* Меркурийның иң зур ераклыкка авышуы 28° , Венераныкы 48° . Шуңа күрә эчке планеталар һәрвакыт Кояшка якын, иртән күкнең көнчыгыш ягында яки кичен көнбатыш ягында күренәләр. Кояшка якын булу сәбәпле, Меркурийны гади күз белән бик сирәк күрергә туры килә.

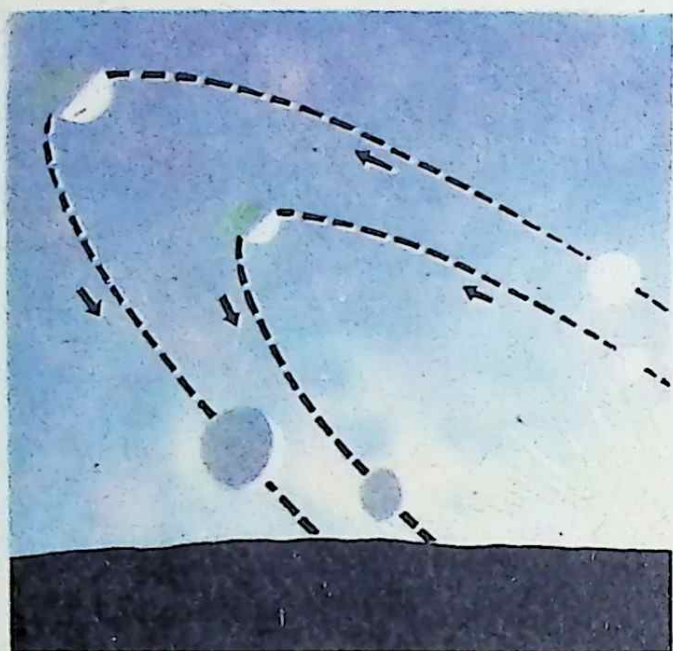
Күк йөзәндә Венера Кояштан зуррак почмакка авыша. Ул барлык йолдыз һәм планеталардан да яктырак. Кояш батканнан соң ул шәфәк нурларында күктә шактый озак була һәм хәтта шәфәккә яктысында да ачык күренә. Таң нурларында да шулай ук яхшы күренә. Меркурийның да, Венераның да күкнең көньягында, хәтта төн уртасында да, күренмәве жиңел аңлашыла.

Әгәр Меркурий яки Венера Кояш белән Жир арасынан үткәндә Кояш дискисына проекцияләнсә, алар анда кечкенә кара түгәрәкләр булып күренә. Ләкин Меркурийның, бигрәк тә Венераның, түбәнге кушылышта Кояш дискисы буйлап болай үтүләре бик сирәк, кимендә 7—8 елдан соң гына кабатланырга мөмкин.

Эчке планета Жиргә карата төрле торышларда булганда, аның Кояш белән яктыртылган ягы безгә төрлечә күренә (29 нчы рәсем). Шуңа күрә Жирдәге күзәтүчеләр өчен эчке планеталар Ай кебек үк фазаларын үзгәртәләр. Планеталар, Кояш белән түбәнге

28. Планеталарның конфигурацияләре.





29. Кояш батканда, күзөтүчө өчен Меркурий һәм Венера орбиталарының горизонтка карата урнашуу (планеталарның орбиталарында Кояшка карата төрлө торышлардагы фазалары һәм күрөмө диаметрлары күрсәтелгән).

кушылышта чакта, безгә таба яктыртылмаган яклары белән торалар һәм күрөмиләр. Бу торыштан аз гына авышкач, алар урак формасында булалар. Планетаның Кояштан почмакча ераклыгы зурайган саен, уракның почмакча диаметры кечерәя, ә киньеге арканнан-арта бара. Планетадан Кояшка һәм Жиргә таба юнөлешләр арасындагы почмак 90° булгач, без планетаның нәкъ яктыртылган яртысын күрәбез. Мондый планета югарыгы кушылышта гына үзенек көндөзгә ярымшары белән тулысынча безгә таба борылган була. Ләкин бу

вакытта ул Кояш нурларында югала һәм күрөмнә.

Тышкы планеталар да, Меркурий белән Венера кебек, Жиргә карата Кояш артында (аның белән бер кушылышта) булырга мөмкин, ул вакытта алар да Кояш нурларында югалалар. Алар Жир — Кояш сызыгы дэвамында да була алалар. Ул чакта Жир Кояш белән планета арасында булып чыга. Мондый конфигурация каршыда торыш дип атала. Планетаның бу торышы күзөтүләр өчен бик уңай. Чыннан да, бу вакытта планета, беренчедән, Жиргә иң якын тора һәм, икенчедән, үзенек бөтен яктыртылган ярымшары белән аңа борылган була, өченчедән, планета күкнең Кояшка капма-каршы ягында торганга күрә, ул югарыгы кульминациядә төн уртасы тирәсендә була һәм, димәк, төн уртасына кадәр дә, аннан соң да озак күрөмнә тора.

Планеталарның конфигурация моментлары, билгеле бер елда аларның күрөмү шартлары «Мәктәп астрономик календаре»нда бирелә.

2. Планеталар әйләнешенең синодик периоды һәм аның сидерик период белән бәйләнеше. Без планеталарны Жирдән күзәтәбез, ә Жир үзе Кояш тирәсендә әйләнә. Планеталарның әйләнми торган инерциаль исәп системасында яки, еш кына

әйтелгәнчә, йолдызларга карата әйләнү периодын билгеләү өчен Жирнең хәрәкәтен исәпкә алу зарур.

Планеталарның йолдызларга карата Кояш тирәсендә әйләнү периоды йолдызча яки сидерик период дип атала.

Планета Кояшка никадәр якын торса, аның сызыкча һәм почмакча тизлекләре шулкадәр зур, ә Кояш тирәсендә әйләнүенең йолдызча периоды шулкадәр кыска була.

! *V кушымтаны тикшереп, моның дәрәслегенә ышаныгыз.*

Ләкин турыдан-туры күзәтүләр ярдәмендә планетаның сидерик периодын түгел, ә аның бер-бер артлы килгән бер исемдәге конфигурацияләре, мәсәлән, бер-бер артлы килгән ике очрашу (каршыда торыш) арасында үткән вакытны билгелиләр. Бу период *әйләнүнең синодик периоды* дип атала. Күзәтүләрдән планеталарның синодик периодын (S) билгеләп, исәпләүләр юлы белән аларның йолдызча әйләнү периодын (T) табалар.

Планеталар әйләнешенең синодик һәм йолдызча периодларының үзара бәйләнешең Марс мисалында карап китик.

Планеталар Кояшка никадәр якынарак торса, аларның хәрәкәт тизлегенә шулкадәр зуррак була. Шуңа күрә Марсның каршыда торышыннан соң, Жир аны узып китә башлый. Ул аннан көн саен ерагая бара. Жир аны бер тулы әйләнешкә узып киткәч, яңадан каршыда торыш була.

Тышкы планетаның синодик периоды — Кояш тирәсендә әйләнгәндә, Жирнең планетаны 360° ка узып китүе өчен киткән вакыт ул.

Жирнең почмакча тизлегенә (бер тәүлек эчендә сызган почмагы) $360^\circ : T_\oplus$, Марсныкы — $360^\circ : T$, монда $T_\oplus$ — бер елдагы көннәр саны, T — планетаның тәүлекләр белән исәпләнгән йолдызча әйләнү периоды. Әгәр S — планетаның тәүлекләр белән исәпләнгән синодик периоды булса, Жир S тәүлектән соң планетаны 360° ка узып китәр, ягъни

$$\left(\frac{360^\circ}{T_\oplus} - \frac{360^\circ}{T}\right) S = 360^\circ, \text{ яки } \frac{1}{S} = \frac{1}{T_\oplus} - \frac{1}{T}.$$

Жиргә караганда ($T_\oplus > T$) тизрәк әйләнеп йөрүче эчке планеталар өчен (планета Жирне узып китә):

$$\left(\frac{360^\circ}{T} - \frac{360^\circ}{T_\oplus}\right) S = 360^\circ, \text{ яки } \frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_\oplus}$$

дип язарга кирэк. Венераның синодик периоды 584 тәүлеккә, Марсның 780 тәүлеккә тигез.

! *У кушымтадагы мәғлүматларны кулланып, моны тикшергез.*

7 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Юпитерның йолдызча әйләнү периоды 12 елга тигез. Аның каршыда торышы күпме вакыттан соң кабатлана?
2. Ниндидер бер планетаның синодик периоды 3 елга тигез. Планетаның Кояш тирәсендә әйләнүенең йолдызча периоды нинди?
3. Әгәр планеталар тигез булсалар, аларның йолдызча һәм синодик әйләнү периодлары нинди булырга тиеш?

11. КЕПЛЕР ЗАКОННАРЫ

Планеталарның хәрәкәт законнарын күренекле немец галиме *Иоганн Кеплер* (1571—1630) ачкан. Марсның Кояш тирәсендә әйләнүен өйрәнеп, XVII гасыр башында Кеплер планеталар хәрәкәтенең өч законы билгеләгән.

Кеплерның беренче законы. Һәр планета Кояш тирәсендә эллипс буенча әйләнә, бу эллипсның бер фокусында Кояш тора (30 нчы рәсем).

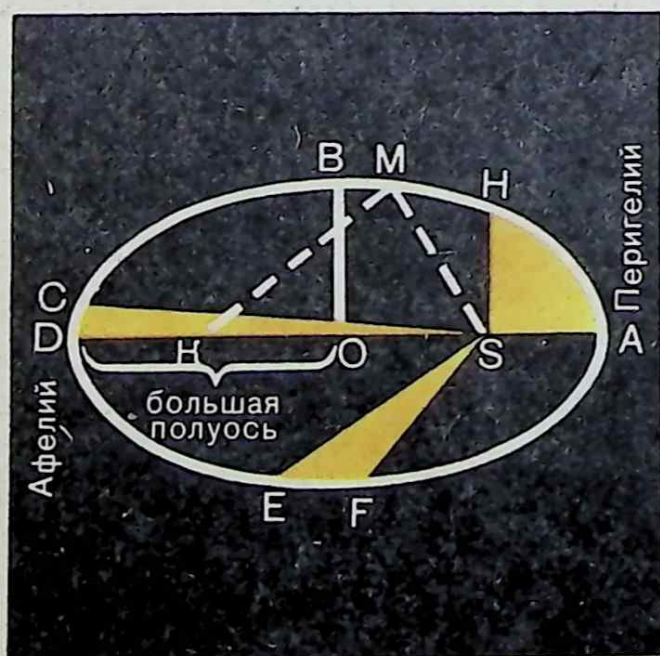
Һәр ноктасының фокуслар дип аталган ике ноктадан ераклыklары суммасы даими булган йомык яссы кәкре сызыкны эллипс дип атыйлар. Ераклыklарның бу суммасы эллипсның зур күчәре озынлыгына (DA) тигез (30 нчы рәсем). O ноктасы — эллипсның үзәге, K һәм S — фокуслар. Бу очракта Кояш S фокусында тора. $DO = OA = a$ — эллипсның зур ярымкүчәре. Зур ярымкүчәр a планетаның Кояштан уртача ераклыгы була:

$$a = \frac{DS + SA}{2}.$$

Орбитаның Кояшка иң якин ноктасы A — перигелий, ә аннан иң ерак ноктасы D афелий дип атала.

Эллипсның сузынкылык дәрәжәсе аның эксцентриситет

30. Майданнар законы (Кеплерның икенче законы).



ситетының зурлығы белән характерлана. Эксцентриситет үзәктән фокуска кадәр ераклыкның ($OK=OS$ ның) зур ярымкүчәр озынлыгына (a га) чагыштырмасына тигез, ягъни $e=OS:OA$. Фокуслар белән үзәк тәңгәл килгәндә ($e=0$), эллипс әйләнәгә әверелә.

Планеталарның орбиталары — әйләнәдән бик аз аерыла торган эллипслар, аларның эксцентриситетлары да кечкенә була. Мәсәлән, Жир орбитасының эксцентриситеты $e=0,017$.

Кеплерның икенче законы (мәйданнар законы). Планетаның радиус-векторы бердәй вакыт араларында бертигез мәйданнар сыза, ягъни $\overline{АН}$

һәм $\overline{СД}$ дугаларын планета бердәй вакыт араларында сызган булса, $\overline{SАН}$ һәм $\overline{SCД}$ мәйданнары үзара тигез (30 нчы рәсем). Ләкин тигез мәйданнарны чикләүче бу дугаларның озынлыгы төрлечә: $\overline{АН} > \overline{СД}$. Димәк, планеталар хәрәкәтенең сызыкча тизлегә орбитаның төрле урыннарында төрлечә. Планета Қояшка никадәр якынарак булса, аның орбитадагы хәрәкәт тизлегә дә шулкадәр зуррак. *Планетаның иң зур тизлегә перигелийда, иң кечкенәсә афелийда була.* Шулай итеп, Кеплерның икенче законы планетаның эллипс буенча хәрәкәт итү тизлегә үзгәрүен миңьдар ягыннан билгели.

Кеплерның өченче законы. Планеталарның йолдызча әйләнү периодларының квадратлары чагыштырмасы орбиталарының зур ярымкүчәрләре кублары чагыштырмасы кебек була. Әгәр бер планета орбитасының зур ярымкүчәрен һәм периодын a_1, T_1 дип, икенчесенекен a_2, T_2 дип тамгаласак, өченче законның формуласы түбәндәгечә булыр:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$



Иоганн Кеплер (1571—1630) — күренекле немец астрономы һәм математигы; планеталарның Қояш тирәсендә хәрәкәт законың ачқан. Ул Коперник тәғлиматын актив яклаучы булган, үзенең хезмәтләре белән бу тәғлиматның гамәлгә керүенә һәм үсешенә ярдәм иткән.

Кеплерның өченче законы планеталарның Кояштан уртача ераклыктарын аларның йолдызча әйләнү периодлары белән бәйли һәм барлык планета орбиталарының зур ярымкүчәрләрен Жир орбитасының зур ярымкүчәре берәмлеге белән исәпләргә мөмкинлек бирә. Жир орбитасының зур ярымкүчәрен ераклыкның астрономик берәмлеге дип йөртәләр ($a_{\oplus} = 1$ а.б.).

Аның километрлар белән исәпләнгән кыйммәтен соңрак, бары XVIII гасырда гына, билгеләгәннәр.

мәсьәлә чишү үрнәге

Мәсьәлә. Ниндидер планетаның каршы торышы 2 елдан соң кабатлана. Орбитасының зур ярымкүчәре күпмегә тигез?

Бирелгән:

$$S = 2 \text{ ел}$$

$$T_{\oplus} = 1 \text{ ел}$$

$$a_{\oplus} = 1 \text{ а. б.}$$

$a = ?$

Чишү.

Орбитаның зур ярымкүчәрен Кеплерның өченче

законын кулланып табарга була: $\frac{T^2}{T_{\oplus}^2} = \frac{a^3}{a_{\oplus}^3}; a^3 = \frac{a_{\oplus}^3 T^2}{T_{\oplus}^2};$

йолдызча периодны сидерик һәм синодик периодлар арасындагы бәйлелектән табабыз:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T}, \quad T = \frac{T_{\oplus} \cdot S}{S - T_{\oplus}}, \quad T = \frac{1 \text{ ел} \cdot 2 \text{ ел}}{2 \text{ ел} - 1 \text{ ел}} = 2 \text{ ел.}$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{(1 \text{ а. б.})^3 (2 \text{ ел})^2}{(1 \text{ ел})^2}} \approx 1,59 \text{ а. б.}$$

Жавап: $a \approx 1,59$ а. б.

8 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Марс Кояштан, Жиргә караганда, 1,5 тапкыр ераграк. Марста ел озынлыгы күпме? Планеталарның орбитасын түгәрәк дип исәпләргә.
2. Жирнең ясалма иярчене орбитасының иң биек ноктасы Жирдән — 5000 км, ә иң түбәне — 300 км. Иярченнең әйләнү периоды табыгыз. Жирне 6370 км радиуслы шар дип алырга. Иярчен хәрәкәтен Айның әйләнәп йөрүе белән чагыштыргыз.
3. Планетаның синодик периоды 500 тәүл. Орбитасының зур ярымкүчәрен һәм әйләнүенең йолдызча периоды табыгыз.

12. КОЯШ СИСТЕМАСЫНДАГЫ ЖИСЕМНЭРГӘ КАДӘР ЕРАКЛЫКНЫ ҺӘМ АЛАРНЫҢ ҮЛЧӘМНЭРЕН БИЛГЕЛӘҮ

1. Ераклыктарны билгеләү. Кеплерның өченче законынан файдаланып, барлык планеталарның Кояштан уртача ераклыгын астрономик берәмлекләрдә исәпләп була. Жирдән Кояшка кадәрге уртача ераклыкны километрларда билгеләп (ягъни 1 а.б.

кыйммәте), шул берәмлекләр белән Кояш системасындагы барлык планеталарга кадәр булган ераклыklarны табарга мөмкин.

Безнең гасырның 40 нчы елларынан башлап, радиотехника күк җисемнәренә кадәр ераклыкны радиолокация ярдәмендә билгеләргә мөмкинлек бирүе турында сез физика курсынан беләсез. Совет һәм Америка галимнәре радиолокация ярдәмендә Меркурий, Венера, Марс һәм Юпитерга кадәр ераклыklarны дөрөсләделәр.

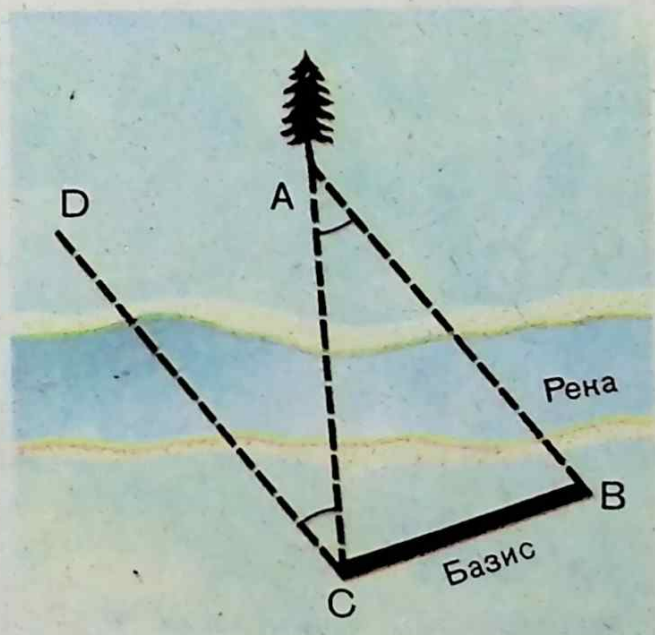
Радиолокацион сигналның үтү вакытын белеп, объектка кадәрге ераклыкны ничек билгеләргә була? Шуны искә төшергез. ?

Ераклыklarны геометрик юл белән почмак үлчәп билгеләү хәзергәчә классик ысул булып кала. Радиолокация методын кулланып булмый торган ерак йолдызларга кадәр араны да шушы ысул белән билгелиләр. Геометрик ысул *параллактик тайпылыш* күренешенә нигезләнә.

Күзәтүче күчкәндә әйбергә таба булган юнәлешнең үзгәрүе параллактик тайпылыш дип атала (31 нче рәсем).

Вертикаль тотылган карандашка башта бер, аннан икенче күзегез белән карагыз. Ераграк әйберләр фонында карандашның торышы үзгәрүен, аңа таба юнәлешнең үзгәрүен күрерсез. Карандашның ераграк тоткан саен, параллактик тайпылыш та кечерәя барыр. Күзәтү нокталары бер-берсеннән никадәр ераграк торса, ягъни базис никадәр зуррак булса, бер үк ераклыктагы предметның параллактик тайпылышы шулкадәр зуррак. Безнең мисалда күзләребезнең арасы базис итеп алынды. Кояш системасындагы җисемнәргә кадәр ераклыklarны үлчәү өчен базис итеп Жир радиусын алу уңай. Яктырткычның, мәсәлән Айның, ерак йолдызлар фонындагы торышын бер үк

31. Янына барып булмый торган предметның ераклыгын параллактик тайпылыш ярдәмендә үлчәү.



вакытта төрле ике пункттан күзәтәләр. Алар арасындагы ераклык мөмкин кадәр зуррак булырга, ә аларны тоташтыручы кисемтә яктырткыч юнәлешкә белән параллактик тайпылышы иң зур булырлык туры почмакка мөмкин кадәр якынрак булган почмак төзәргә тиеш. А һәм В (32 нче рәсем) нокталарынан күзәтелә торган объектка булган юнәлешкә билгеләп, Жир радиусына тигез ераклыкның күренү почмагын — p ны исәпләп чыгарырга була.

Димәк, күк жисемнәренә кадәргә ераклыктарны билгеләү өчен, базисның кыйммәтен — планетабызның радиусын белергә кирәк.

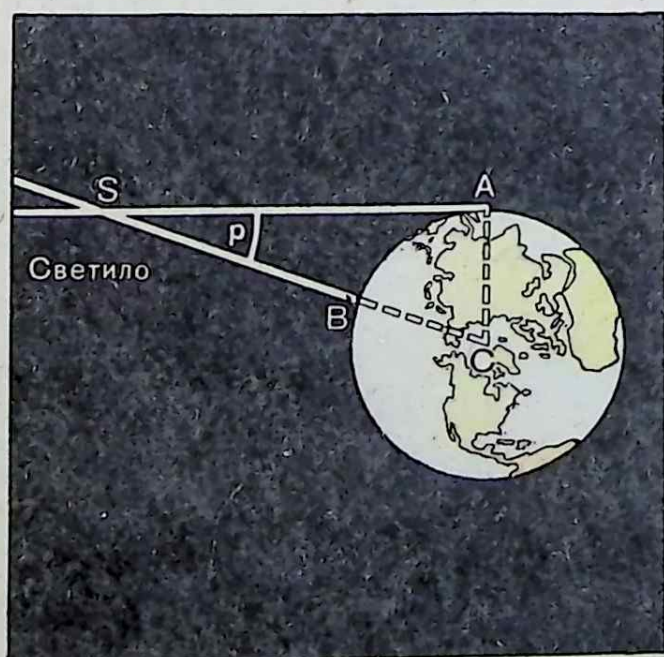
2. Жирнең үлчәме һәм формасы. Космоста төшереп алынган фоторәсемнәрдә Жир Кояш тарафыннан яктыртылган шар рәвешендә күренә һәм, Ай кебек үк, Жирнең дә фазалары бар (42 нче һәм 43 нче рәсемнәргә кара).

Жир өслегенен төрле урыннарында 1° лы дуганың озынлыгын километрларда үлчәү, ягъни *градуслы үлчәнеш*, Жирнең формасы һәм үлчәме турында төгәлрәк мәгълүмат бирә. Бу ысулны безнең эрага кадәр III гасырда ук Мисырда яшәгән грек галиме *Эратосфен* кулланган. Хәзер бу ысул *геодезиядә* зур төгәллек белән кулланыла. Геодезия — Жирнең формасын һәм аның кәкрелеген исәпкә алып, Жир өстендә үлчәү эшләре башкару турындагы фән.

Тигез урында бер үк меридианда ята торган ике пункт ала-

лар да алар арасындагы дуганың градуслар белән һәм километрлар белән үлчәнгән озынлыгын табалар. Шуннан соң 1° ка тигез дуганың озынлыгы ничә километрга туры килүен исәплиләр. Меридиан дугасының пунктлар арасындагы градуслар белән алынган озынлыгы аларның географик киңлекләре аермасына тигез: $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$. Әгәр үлчәнә торган дуганың километрлар белән исәпләнгән озынлыгы l , градуслар белән үлчәнешкә $\Delta\varphi$ булса, шар формасындагы Жир-

32. Яктырткычның горизонталь параллаксы.



нең 1° лы дугасына $n=1:\Delta\varphi$ километр озынлык туры килә. Жир меридианы әйләнәсенен озынлыгы $L=360^\circ n$ булыр. Шуну 2π га бүлсәк, Жир радиусын табарбыз.

Меридианның иң зур дугаларыннан берсе (Төньяк Боз океанынан Кара диңгезгә кадәр) Россиядә һәм Скандинавиядә XIX гасырның урталарында Пулково обсерваториясе директоры В. Я. Струве (1793—1864) житәкчелегендә үлчәнә. Бөек Октябрь социалистик революциясеннән соң безнең илебездә бик зур геодезик үлчәү эшләре башкарылды.

Градуслы үлчәнешләрдән күренгәнчә, 1° меридианның километрлар белән алынган озынлыгы поляр өлкәләрдә иң зур (111,7 км), экваторда иң кечкенә (110,6 км) була. Димәк, экваторда Жир полюслардагыга караганда кабарынкырак. Бу — Жирнең шар булмавын күрсәтә. Жирнең экваториаль радиусы поляр радиусыннан 21,4 га озынрак. Шуңа күрә башка планеталар кебек Жир дә үз күчәре тирәсендә әйләнүе аркасында полюсларда кысылган.

Планетабызга тигез зурлыктагы шарның радиусы 6370 км. Бу зурлык Жир радиусы дип санала.

9 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Әгәр астрономнар географик киңлекне $0,1''$ ка кадәр төгәллек белән үлчәлсалар, бу меридиан буенча километр белән исәпләгәндә мөмкин булган нинди хатага тиндәш булыр?
2. $1'$ экватор дугасы озынлыгына тигез булган диңгез миленең озынлыгын километрларда исәпләп чыгарыгыз.

3. Параллакс. Астрономик берәмлекнең кыйммәте. Күрү нурына перпендикуляр булган Жир радиусының яктырткычтан күренү почмагы горизонталь параллакс дип атала.

Яктырткыч никадәр ераграк булса, p почмагы шулкадәр кечкенәрәк. C һәм B нокталарындагы (31 нче рәсем) күзәтүчеләр өчен $\angle CAB$ параллактик тайпылыш булган кебек, A һәм B нокталарында урнашкан күзәтүчеләр өчен p почмагы яктырткычның параллактик тайпылышына тигез. CAB почмагы аңа тигез DCA почмагы буенча билгеләнә. Алар параллель турылар янындагы почмаклар буларак тигез ($DC \parallel AB$, төзү буенча).

Яктырткычка кадәр ераклык (32 нче рәсемне кара)

$$SC = D = \frac{R_{\oplus}}{\sin p},$$

биредә $R_{\oplus}$ — Жир радиусы. R ны берәмлеккә тигез итеп алып, яктырткычка кадәр ераклыкны Жир радиусы аша аңлатырга була.

Айның горизонталь параллаксы $57'$. Кояш һәм барлык башка планеталар шактый ерак, аларның параллаксы дуга секундлары белән исәпләнә. Кояшның параллаксы $p_{\odot} = 8,8''$. Кояш параллаксына Кояштан Жиргә кадәрге ераклык туры килә. Аны түгәрәкләп $150\,000\,000$ км дип алалар. Бу ераклык бер астрономик берәмлек (1 а. б.) итеп алынган. Кояш системасындагы җисемнәр арасындагы ераклыklarны еш кына астрономик берәмлекләр белән үлчиләр.

Почмак кечкенә булганда, $\sin p \approx p$, монда p радианнарда бирелгән. Әгәр p дуга секундлары белән исәпләнсә, $\sin 1'' = \frac{1}{206265}$ тапкырлаучысы кертелә, $206\,265$ — бер радиандагы секундлар саны.

$$\text{Ул вакытта } \sin p = p \sin 1'' = \frac{p}{206265''}.$$

Бу бәйләнешләрне белү параллакстың билгеле зурлыгы буенча ераклыklarны исәпләүне җиңеләйтә: $D = \frac{206265''}{p} R_{\oplus}$.

мәсьәлә чишү үрнәге

Мәсьәлә. Горизонталь параллаксы $0,9''$ ка тигез булганда, Сатурн Жирдән нинди ераклыкка торыр?

Бирелгән:

$$p = 0,9''$$

$$D = ?$$

Чишү.

Билгеле булганча, Кояшның параллаксы $p_{\odot} = 8,8''$, ераклыгы $D_{\odot} = 1$ а. б.

Ул вакытта $D = \frac{206265''}{p} R_{\oplus}$ формуласы ярдәмендә $\frac{D}{D_{\odot}} = \frac{p_{\odot}}{p}$ ны табабыз. Моннан $D = \frac{D_{\odot} \cdot p_{\odot}}{p}$ була.

$$D = \frac{1 \text{ а. б.} \cdot 8,8''}{0,9''} \approx 9,8 \text{ а. б.}$$

Жавап: $D \approx 9,8$ а. б.

10 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Юпитер Жиргә караганда Кояштан 5 тапкыр ераграк торса, каршыда торыш вакытында, Жирдән күзәткәндә, Юпитерның горизонталь параллаксы күпмегә тигез?

2. Ай үз орбитасының Жиргә иң якин ноктасында (перигейда) — Жирдән 363 000 км да, ә иң ерак ноктасында (апогейда) 405 000 км ераклыкта була. Бу торышларда Айның горизонталь параллаксы зурлыгын билгеләгез.

4. Яктырткычларның үлчәмен билгеләү. 33 нче рәсемдә T — Жир үзәге, M — сызыкча радиусы r булган яктырткыч үзәге. Горизонталь параллакс билгеләмәсе буенча, Жир радиусы R яктырткычтан p почмагы белән күренә. Ә яктырткычның радиусы r Жирдән ρ почмагы белән күренә.

$$D = \frac{R}{\sin p} \text{ һәм } D = \frac{r}{\sin \rho}$$

дан

$$r = \frac{\sin \rho}{\sin p} R$$

икәнә аңлашыла. Әгәр ρ һәм p почмаклары кечкенә булса, синуслар почмакларга пропорциональ була һәм без

$$r = \frac{\rho}{p} R$$

дип яза алабыз.

Яктырткычларның үлчәмнәрен билгеләүнең бу ысулын яктырткыч диск формасында күренгәндә генә файдаланырга мөмкин.

Шулай итеп, яктырткычка кадәр ераклыкны (D) белгәндә, аның почмакча радиусы ρ ны үлчәп, сызыкча радиусы r ны исәпләп чыгарырга була: $r = D \sin \rho$, яки әгәр ρ почмагы радианнарда үлчәнгән булса, $r = D \rho$.

мәсьәлә чишү үрнәге

Мәсьәлә. Ай 400 000 км ераклыктан $0,5^\circ$ почмак белән күренсә, аның сызыкча диаметры күпме булыр?

$$\begin{array}{l} \text{Бирелгән:} \\ D = 400\,000 \text{ км} \\ \rho = 0,5^\circ \\ d = ? \end{array}$$

Чишү.

Әгәр ρ радианнарда бирелгән булса, $d = D\rho$.
Димәк,

$$d = \frac{400\,000 \text{ км} \cdot 0,5 \cdot 3600''}{206265''} = 3490 \text{ км.}$$

Җавап: $d = 3490 \text{ км.}$

II НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Почмакча диаметрлары тигез, горизонталь параллакслары тиндәшле рәвештә $8,8''$ һәм $57'$ булса, Кояш Айдан ничә мәртәбә зуррак?

2. Кояшның Плутоннан күренә торган почмакча диаметры күпмегә тигез?
3. Меркурий Кояштан, Марска караганда, 1 м^2 га ничә мәртәбә күбрәк энергия ала? Қирәкле мәғлүматларны кушымталардан алығыз.
4. В һәм А нокталарында Жирдән торып күзәтүче яктырткычны күк йөзенң кайсы нокталарында күрер (32 нче рәсем)?
5. Әгәр Жир белән Марс орбиталарының эксцентриситетлары тиндәшле рәвештә 0,017 һәм 0,093 булса, Кояшның Жирдән һәм Марстан күренә торган почмакча диаметры перигелийдан афелийга таба нинди чагыштырмада үзгәрә?

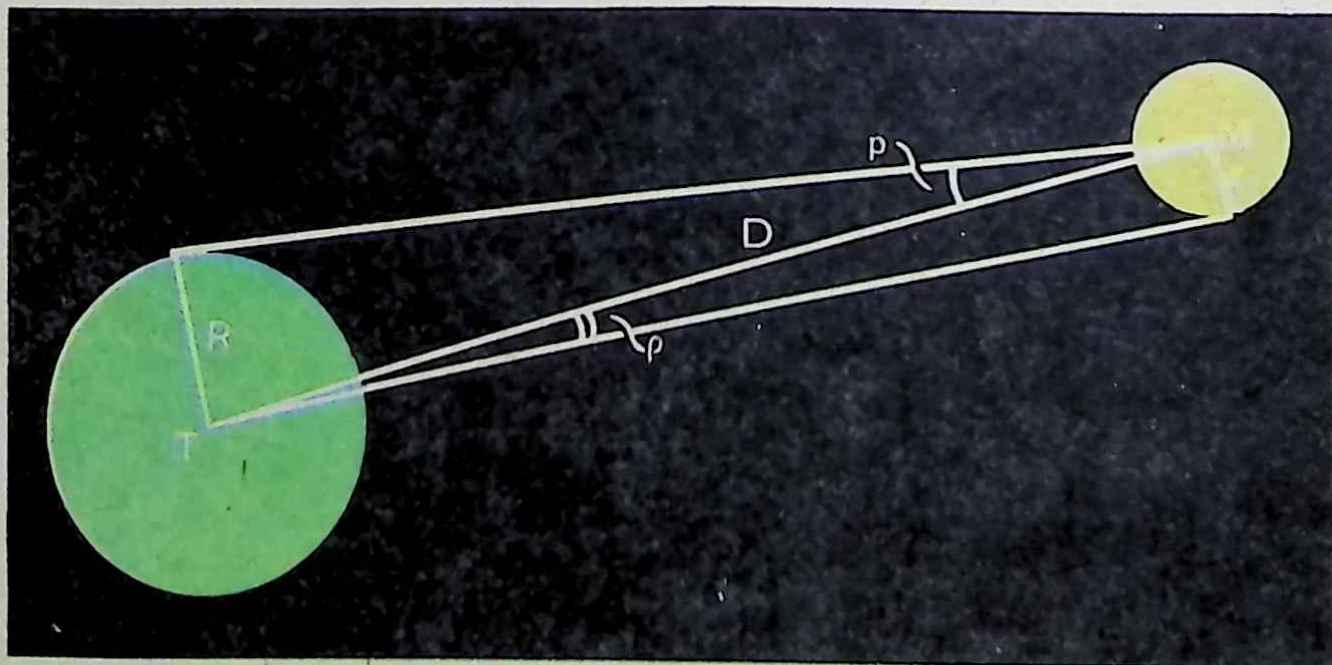
5 НЧЕ БИРЕМ

1. Транспортир белән $\angle DSA$ (31 нче рәсем) һәм $\angle ASC$ (32 нче рәсем) почмакларын, линейка белән базисның озынлыгын үлчәгез. Шул үлчәүләр буенча тиндәшле рәвештә CA һәм SC ераклыкларын исәпләп чыгарыгыз да, турыдан-туры рәсем буенча үлчәп, нәтижәне тикшерегез.
2. 33 нче рәсемдә p һәм P почмакларын транспортир белән үлчәгез һәм шул зурлыklar буенча рәсемдәге жисемнәрнең диаметрлары чагыштырмасын табыгыз.
3. 34 нче рәсемдә бирелгән эллиптик орбиталар буенча хәрәкәт итә торган ясалма иярченнәрнең зур күчәрләрен линейка белән үлчәп һәм Жирнең радиусын 6370 км га тигез дип алып, аларның әйләнү периодларын билгеләгез.

13. КҮК ЖИСЕМНӘРЕНЕҢ ТАРТЫЛУ КӨЧЕ ТӘЭСИРЕНДӘ ХӘРӘКӘТЕ

1. Космик тизлекләр һәм орбиталарның формасы. Планеталар хәрәкәтенең Кеплер ачкан законнарын анализлау нәтижәсендә һәм Ай хәрәкәтен күзәтүләрдән чыгып, *И. Ньютон* (1643—

33. Күктөгә яктырткычларның почмакча үлчәнешләре буенча сызыкча үлчәнешләрен билгеләү.



1727) бөтендөнъя тартылу законын ачкан. Физика курсыннан белгәнегезчэ, бу закон буенча Галәмдәге барлык жисемнәр үз массаларының тапкырчыгышына туры пропорциональ, ә алар арасындагы ераклыкның квадратына кире пропорциональ көч белән бер-берсенә тартыла:

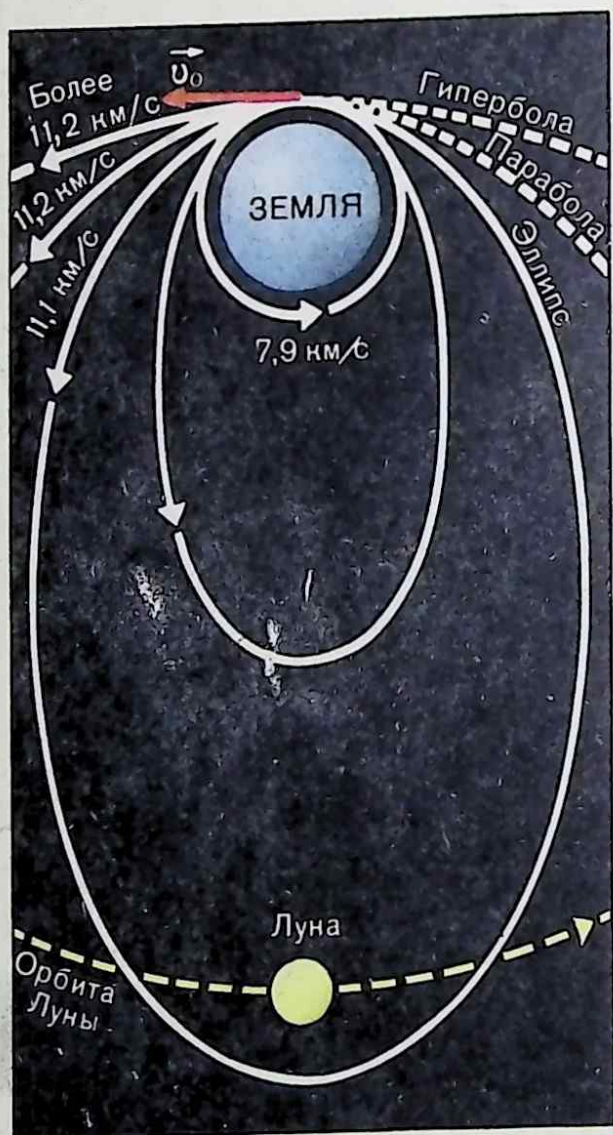
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

биредә m_1 һәм m_2 — ике жисемнең массасы, r — алар арасындагы ераклык, G — пропорциональлек коэффициенты, ул гравитацион константа дип атала. Аның санча зурлыгы көч, масса һәм ераклыкның нинди берәмлекләрдә алынуына бәйле. Бөтендөнъя тартылу законы планеталар һәм кометаларның Кояш тирәсендә, иярченнәрнең планеталар тирәсендә, икеле һәм кабатлы йолдызларның гомуми авырлык үзәкләре тирәсендә хәрәкәт итүләрен аңлата. Ньютон үзара тартылу тәэсирендә жисемнәрнең бер-берсенә карата *эллипс* буенча (аерым очракта *түгәрәк*), парабола һәм гипербола буенча хәрәкәт итә алуларын исбат иткән. Ньютон исбат иткәнчә, *жисем орбитасының формасы орбитаның шул урынында жисемнең тизлегенә бәйле*.

Билгеле бер тизлеккә ия булган жисем тарту үзәге тирәсендә *әйләнә* буенча хәрәкәт итә. *Беренче космик тизлек* яки *түгәрәктәге тизлек* дип аталган мондый тизлекне Жирнең ясалма иярченнәре итеп жибәрелгән жисемнәргә бирәләр. (Беренче космик тизлекне исәпләү формуласы сезгә физика курсыннан билгеле.) Беренче космик тизлек Жир өслеге янында 8 км/с (7,9 км/с) чамасы.

Әгәр жисемгә түгәрәктәге тизлектән $\sqrt{2}$ тапкыр зуррак булган (11,2 км/с) *икенче космик тизлек* яки *параболик тизлек* дип аталган тизлек бирелсә, ул Жирдән бөтенләйгә ераклашып, Кояш иярчене булып китәргә мөмкин. Бу очракта жисем Жиргә карата *парабола* буенча хәрәкәт итә. Жиргә карата тагын да зуррак тизлек бирелгәндә, жисем *гипербола* буенча очачак.

Жир орбита буенча уртача 30 км/с тизлек белән хәрәкәт итә. Жир орбитасының формасы әйләнәгә якын, ә Жирнең орбитадагы тизлегә Жирдән Кояшка кадәр ераклыктагы әйләнмә тизлек чамасында. Жир өчен параболик тизлек $30\sqrt{2}$ км/с ≈ 42 км/с ка тигез. Кояшка карата мондый тизлек биргәндә Жир орбитасындагы жисем Кояш системасыннан чыгып ук китәр.



34. Орбита формасының объектның башлангыч тизлегенә бәйләлгә.

2. Планеталар хәрәкәтендәге тайпылышлар. Кеплер законнары изолирланган ике жисемнең хәрәкәтен бу жисемнәрнең үзара тартылу тәэсиреннән чыгып караганда гына төгәл үтәлә. Кояш системасында планеталар күп, һәм алар Кояшка гына тартылып калмыйлар, бәлки бер-берсенә дә тартылалар. Шуңа күрә алар нәкъ Кеплер законнары буенча гына хәрәкәт итмиләр.

Нәкъ Кеплер законнарынча булырга тиешле хәрәкәттән читкә китүләр тайпылыш дип атала. Кояш системасында тайпылышлар зур түгел, чөнки һәр планетаның Кояшка тартылуы башка планеталар тартуыннан күп көчле.

Кояш системасындагы иң зур тайпылышларны Жирдән 300 тапкыр массиврак булган Юпитер планетасы китереп

чыгара. Астероидлар һәм кометалар Юпитерга якын килгәндә, ул аларның хәрәкәтенә бигрәк тә нык тәэсир итә. Аерым алганда, кометаның Юпитер тартуы аркасында барлыкка килгән тизләнеше аның Кояшка таба тизләнеше белән бер юнәлештә булса, кометаның тизлегә шундый артырга мөмкин, ул, гипербола буенча хәрәкәт итеп, Кояш системасыннан бөтенләйгә китә. Юпитер тартуы нәтижәсендә кометаның тоткарлану очраklары да булгалый, андый вакытларда комета орбитасының эксцентриситеты кечерәя, ә әйләнү периоды кинәт кими.

Планеталарның күрәнмә торышларын исәпләгәндә, тайпылышларны исәпкә алырга туры килә. Хәзер андый эшләрне башкаруга тиз исәпли торган электрон-исәпләү машиналары ярдәм итә. Ясалма күк жисемнәрен жибәргәндә һәм аларның траекторияләрен исәпләгәндә, күк жисемнәренә хәрәкәт теория.

сеннән, аерым алганда тайпылышлар теориясеннән, файдалалар.

Планетаара автомат станцияләре алдан исәпләп куелган теләсә нинди траекторияләр буенча җибәрү, хәрәкәттәге тайпылышларны да исәпкә алып, аларны куелган максатка җиткерү — болар барысы да табигать законнарын танып белергә мөмкин булуның ачык мисалы. Дингә ышанучыларның уйлавынча, аллар гына яши торган күк, Җир кебек үк, кешенең хезмәт мәйданына әверелде. Дин һәрвакыт Җир белән күкне бер-берсенә капма-каршы куйды һәм кеше күккә беркайчан да күтәрелә алмас дип белдерде. Хәзер планеталар арасында кеше кулы белән барлыкка китерелгән һәм турыдан-туры яки зур ераклыктар аша радио буенча идарә ителә торган ясалма күк җисемнәре әйләнеп йөри.

3. Нептун планетасын ачу. Нептун планетасының барлыгын кабинетта исәпләүләр юлы белән «каләм очында» ачу фән казанышларының иң ачык мисалларынан берсе, табигатьне танып белүнең чиксезлегә дәлилләреннән берсе булды.

Уран — Сатурн артындагы планета. Күп гасырлар буе иң ерактагысы дип саналган бу планетаны XVIII гасыр ахырында В. Гершель ачкан. Гади күзгә Уран бик начар күренә. XIX гасырның 40 нчы елларында үткәрелгән төгәл күзәтүләр Уранның билгеле булган барлык планеталар тәэсирендәге тайпылышларын күздә тотып исәпләнгән юлдан берәз авышуын күрсәтә. Күк җисемнәре хәрәкәтенең шундый нык һәм төгәл теориясе шик астына алына.

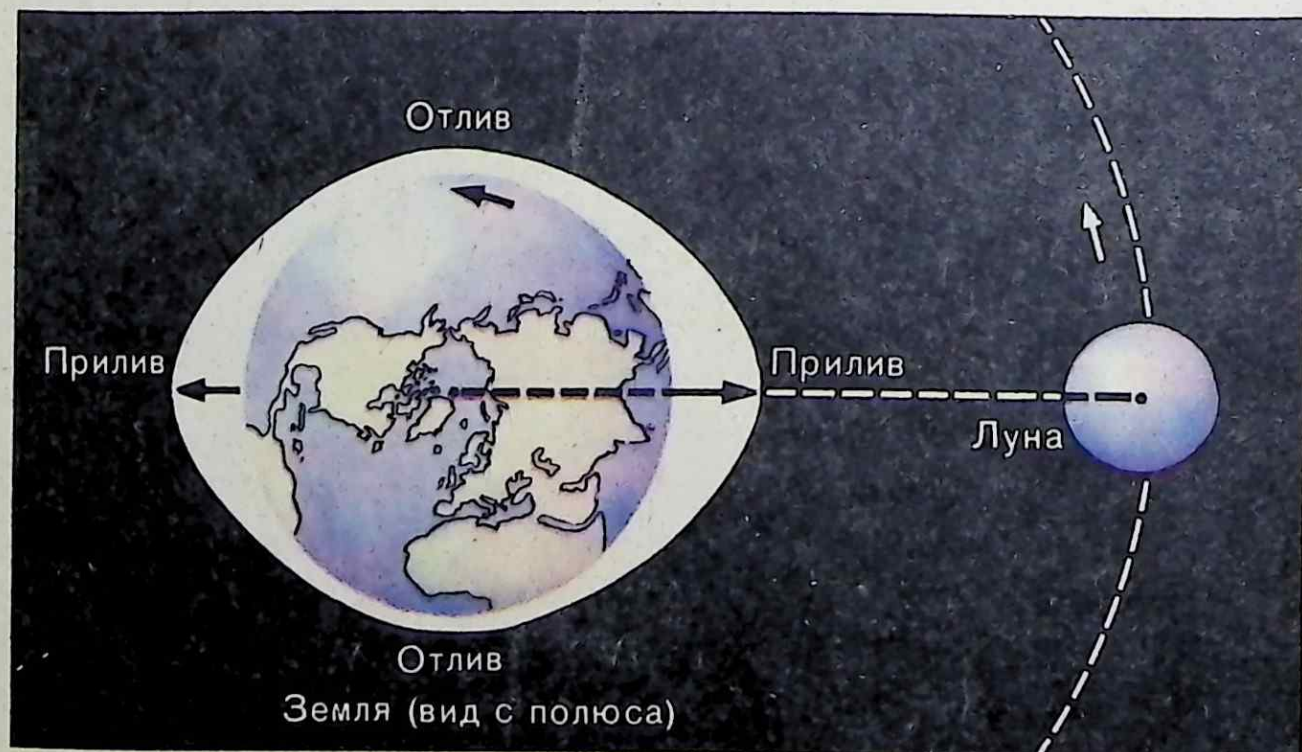
Франциядә Леверье һәм Англиядә Адамс, Уран хәрәкәтендәге авышуны билгеле планеталар тәэсире нәтижәсендәге тайпылышлар белән аңлатып булмагач, димәк, аңа тагын билгесез бер җисемнең тартуы тәэсир итә дигән фикергә килгәннәр. Алар бер үк вакытта диярлек үзенең тарту көче белән бу авышуларны китереп чыгаручы билгесез җисемнең Уран артында кайда булырга тиешлеген исәпләп чыгарганнар һәм билгесез планетаның орбитасын, массасын исәпләгәннәр, аның күк йөзүендә билгеле бер вакыттагы урынын күрсәткәннәр. Бу планета 1846 елда нәкъ алар әйткән урында табылган. Аны Нептун дип атаганнар. Гади күз белән Нептунны күрәлми. Шулай итеп, теория белән практика арасындагы әлеге каршылык, материалистик фәннең абруен төшергән кебек күренгән булса да, фәннең тантанасына китергән.

4. Күтәрелешләр. Жисем кисәкчекләренен үзара тартышуы тәэсирендә шар формасына керергә тиеш. Шуңа күрә Кояш, планеталар, аларның иярченнәре һәм йолдызларның формалары шарга якын. Жисемнәрнен әйләнүе (физик тәҗрибәләрдән белгәнәгезчә) аларның яньчелүенә, әйләнү күчәре буйлап кысылуларына китерә. Шуңа күрә Жир шары полюслары тирәсендә азрак кысылган, ә тиз әйләнә торган Юпитер һәм Сатурн барыннан да күбрәк кысылганнар.

Ләкин планетаның формасы үзара тартылу көчләре тәэсиреннән дә үзгәрергә мөмкин. Шар формасындагы жисем (планета) тулысы белән башка жисемнен гравитацион тартуы тәэсирендә, барлык тарту көче аның үзәгенә куелгандагы кебек, хәрәкәт итә. Ләкин планетаның аерым өлешләре тартучы жисемнән төрле ераклыкта, шуңа күрә аларның гравитацион тизләнеше дә төрлечә була һәм бу хәл планетаны деформацияләргә омтылучы көчләргә барлыкка китерә. Башка жисемнен тартуы тәэсирендә планетаның билгеле бер ноктасында һәм үзәгендә барлыкка килгән тизләнешләр аермасы күтәрелеш тизләнеше дип атала.

Мисал өчен Жир — Ай системасын карап китик. Жир үзәгендәге масса элементы Айга Жирнен Ай ягындагы шундый ук элементыннан азрак, ә Айга капма-акршы яктагы шундый ук

35. Ай китереп чыгарган күтәрелешләр схемасы.



элементтан көчлөрөк тартылачак. Нәтижәдә Жир, беренче чиратта Жирнең су сүрүе, аны Ай белән тоташтыра торган сызык буенча ике якка таба да берәз сузыла. Аңлаешлы булсын өчен 35 нче рәсемдә океан бөтен Жирне каплаган итеп бирелгән. Жир — Ай сызыгында яткан нокталарда су өсте тигезлегә барыннан да биегрәк — анда күтәрелешләр. Яссылыгы Жир үзгә аша үтүче һәм Жир — Ай сызыгы юнәлешенә перпендикуляр түгәрәк буйлап су өсте тигезлегә барыннан да түбәнрәк — анда чигенешләр. Жирнең тәүлеклек әйләнеше вакытында күтәрелешләр һәм чигенешләр полосасына Жирнең бер-бер артлы төрле урыннары керә. Бер тәүлек эчендә ике күтәрелеш һәм ике чигенеш булуын аңлавы кыен түгел.

Кояш та Жир өстендә күтәрелешләр һәм чигенешләр китереп чыгара, ләкин, Кояш ерак булу сәбәпле, алар Ай күтәрелешләре һәм чигенешләренә караганда кечерәк, димәк, азрак сизеләләр.

Күтәрелеш вакытында гаять зур су массасы күчә. Хәзерге вакытта океан һәм ачык диңгез ярларында су күтәрелешләре энергиясен файдалануга керештеләр.

Күтәрелеш калкулыгының күчәре һәрвакыт Айга таба юнәлгән була. Әйләнгән чакта Жир күтәрелгән су калкулыгын үзгә белән алып китәргә тырыша. Жир үз күчәре тирәсендә, Ай Жир тирәсендә әйләнүгә караганда, тизрәк әйләнгәнгә күрә, Ай күтәрелү калкулыгын үзгә тарта. Су белән океанның каты төбә арасында ышкылу барлыкка килә. Нәтижәдә күтәрелеш ышкылуы хасил була. Ул Жирнең әйләнешен тоткарлый, һәм, вакыт үтү белән, тәүлек озыная бара (кайчандыр тәүлек 5—6 сәг кенә булган). Күрәсен, Меркурий белән Венерада Кояш китереп чыгара торган көчле күтәрелешләр аларның үз күчәрләре тирәсендә бик әкрәк әйләнүләренә сәбәп булган. Жир тәэсирендә барлыкка килә торган көчле күтәрелешләр Айның әйләнүен шулкадәр тоткарлаган, һәм ул хәзер Жиргә таба һәрвакыт бер ягы белән генә карый. Шулай итеп, күтәрелешләр күк жисемнәренә эволюциясендә мөһим фактор булып санала.

5. Жирнең массасы һәм тыгызлыгы. Бөтендөнья тартылу законы шулай ук күк жисемнәренә иң әһәмиятле характеристикаларыннан берсе — массаны, аерым алганда планетабызның массасын, табарга мөмкинлек бирә. Чыннан да, бөтендөнья тартылу законы нигезендә ирекле төшү тизләнеше $g = G \frac{M}{R^2_{\oplus}}$ була.

Димәк, ирекле төшү тизләнешенә кыйммәте, гравитацион константа һәм Жирнең радиусы билгеле булса, Жирнең массасын табарга мөмкин.

Бу формулага $g=9,8 \text{ м/с}^2$, $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$, $R_{\oplus}=6370 \text{ км}$ кыйммәтләрен куеп, Жир массасы $M=6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ ны табарбыз.

Жирнең массасы белән күләмен белгәч, аның уртача тыгызлыгын исәпли алабыз. Ул $5,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ га тигез. Ләкин тирәнлек арткан саен, Жирнең тыгызлыгы зурая, исәпләүләр буенча Жир төшенең үзәге янында тыгызлык $1,1 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3$ га тигез. Тыгызлыкның тирәнлеккә карап зураюы анда авыр элементларның артуы һәм басымның зураюы исәбенә килеп чыга.

(Жирнең эчке төзелеше астрономик һәм геофизик методлар белән өйрәнелә. Сөз аларны физик география курсынан беләсез.)

12 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Әгәр Айның массасы Жир массасыннан 81 тапкыр кимрәк, радиусы дүрт тапкыр кечерәк булса, Айның тыгызлыгы күпме?
2. Айның почмакча тизлегә тәүлеккә $13,2^\circ$, Жирдән уртача ераклыгы 380 000 км булса, Жирнең массасы күпмегә тигез?

6. Күк жисемнәренең массасын исәпләү. Ньютон Кеплерның өченче законының төгәлрәк формуласы түбәндәгечә икәннен исбат иткән:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \frac{M_1 + m_1}{M_2 + m_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

биредә M_1 белән M_2 — нинди дә булса күк жисемнәренең массалары, ә m_1 белән m_2 — тиндәшле рәвештә аларның иярченнәренең массалары. Аерым алганда, планеталар Кояш иярченнәре булып торалар. Күргәнебезчә, төгәлләндерелгән бу формула якынча формуладан массаны белдергән тапкырлаучылары булуы белән аерыла. Әгәр $M_1=M_2=M_{\odot}$ ны Кояш массасы, ә m_1 белән

m_2 не төрле ике планетаның массалары дип алсак, $\frac{M_{\odot} + m_1}{M_{\odot} + m_2}$

чагыштырмасы берәмлектән бик аз аерылып, чөнки m_1 һәм m_2 Кояш массасы белән чагыштырганда бик кечкенә. Бу вакытта төгәл формула якынча формуладан сизелерлек аерылмас.

Кеплерның төгәлләндерелгән өченче законы иярченнәре булган планеталар массасын һәм Кояш массасын исәпләп чыгарыр-

га мөмкинлек бирэ. Кояш массасын исәпләү өчен, Айның Жир тирәсендә әйләнәп йөрүен Жирнең Кояш тирәсендә әйләнүе белән чагыштырып, бу законның формуласын түбәндәгечә итеп языйк:

$$\frac{T_{\oplus}^3}{T_{\zeta}^3} \frac{M_{\odot} + M_{\oplus}}{M_{\oplus} + m_{\zeta}} = \frac{a_{\oplus}^3}{a_{\zeta}^3},$$

биредә $T_{\oplus}$ белән $a_{\oplus}$ — Жирнең әйләнү периоды (ел) һәм орбитасының зур ярымкүчәре; T_{ζ} белән a_{ζ} — Айның Жир тирәсендә әйләнү периоды һәм орбитасының зур ярымкүчәре; $M_{\odot}$ — Кояш массасы, $M_{\oplus}$ — Жир массасы, m_{ζ} — Ай массасы. Жирның массасы, Кояш массасы белән чагыштырганда, бик кечкенә, ә Ай массасы Жир массасыннан кечкенә (1:81). Шуңа күрә формуладагы икенче кушылучыларны төшереп калдырсак та, зур хата булмас. Тигезләмәне $\frac{M_{\odot}}{M_{\oplus}}$ чагыштырмасына карата чишеп,

$$\frac{M_{\odot}}{M_{\oplus}} = \left(\frac{a_{\oplus}}{a_{\zeta}} \right)^3 : \left(\frac{T_{\oplus}}{T_{\zeta}} \right)^2 \text{ икәннән табабыз.}$$

Шушы формуладан Жир массасы белән исәпләнгән Кояш массасын табалар. Ул 333 000 Жир массасына тигез.

Жир массасы белән башка берәр планетаның, мәсәлән Юпитерның, массасын чагыштырганда, төп формулада 1 индексы M_1 массалы Айның Жир тирәсендәгә хәрәкәтенә, 2 индексы Юпитер тирәсендә аның M_2 массалы берәр иярчененең хәрәкәтенә карата алына.

Иярченнәре булмаган планеталарның массаларын алар үзләренең тартулары белән күршәдәгә планета, комета яки астероидлар хәрәкәтендә китереп чыгарган тайпылышлар буенча билгелиләр.

13 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Әгәр Юпитерның беренче иярчене аннан 422 000 км да торып, 1,77 тәүлек период белән әйләнсә, иярченле Юпитер системасын Жир — Ай системасы белән чагыштырып, Юпитерның массасын билгеләгез. Ай турында мәгълүматлар сезгә билгеле булырга тиеш.
2. Жирнең дә, Айның да тартуы бертигез булган нокталарның Жир — Ай сызыгында Жирдән күпме ераклыкта ятуын исәпләп чыгарыгыз. Ай белән Жир арасы 60 Жир радиусына тигез, Жир массасы Ай массасыннан 81 тапкыр зуррак.

IV. АСТРОФИЗИК ТИКШЕРҮ ҮСУЛЛАРЫ

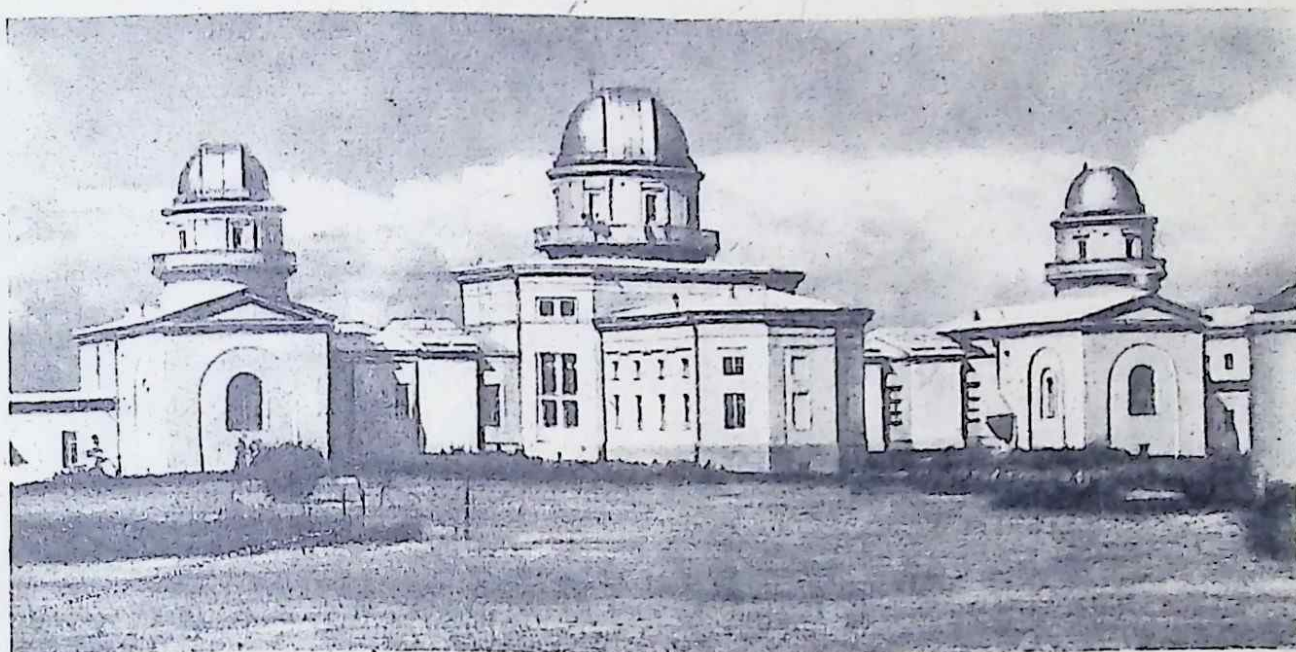
14. КҮК ЖИСЕМНӨРЕНЕҢ ЭЛЕКТРОМАГНИТИК НУРЛАНЫШЫН ТИКШЕРҮ.

СПЕКТРЛАРЫ БУЕНЧА КҮК ЖИСЕМНӨРЕНЕҢ ФИЗИК ҮЗЛЕКЛӨРЕН ҺӘМ ХЭРӘКӘТ ТИЗЛЕКЛӨРЕН БИЛГЕЛӘҮ

1. **Обсерваториялар.** Астрономик тикшеренүләр фәнни институтларда, университетларда һәм *обсерваторияларда* алып барыла. Ленинград янындагы Пулково обсерваториясе 1839 елдан бирле яшәп килә һәм йолдызларның иң төгәл каталогларын төзүе белән дан тота (36 нчы рәсем). Үткән гасырда аны дөньяның астрономик башкаласы дип атаганнар. Безнең илебездә фәннең бик тиз алга китүе нәтижәсендә, күп кенә башка, шул исәптән союздаш республикаларда да, обсерваторияләр төзелде. Төньяк Кавказдагы Махсус астрофизик обсерватория, Крым (Симферополь янында), Бюракан (Ереван янында), Абастумани (Боржоми янында), Голосеево (Киевта), Шемахинск (Баку янында) обсерваторияләре илебезнең зур обсерваторияләреннән санала. Институтлардан иң эреләре — Мәскәү университеты каршындагы П. К. Штернберг исемендәге Дәүләт астрономия институты һәм Ленинградтагы СССР Фәннәр академиясенең Теоретик астрономия институты.

Гадәттә обсерваторияләр астрономик тикшеренүләрнең аерым бер төрен үткәргә специализацияләшә. Шуңа бәйле рәвештә алар төрле типтагы телескоплар һәм башка приборлар белән жиһазландырылалар, мәсәлән, йолдызларның күктәге төгәл урынын билгеләү өчен, Кояшны өйрәнү өчен яки башка фәнни мәсьәләләрне чишү өчен.

Күк жисемнәрен өйрәнү өчен, еш кына аларны телескоплар ярдәмендә фоторәсемгә төшереп алалар. Андый телескоплар фоторәсемгә төшереп алу өчен махсус жайлаштырылган була. Төшереп алынган негативтагы йолдызларның торышын лабораторияләрдә махсус приборлар ярдәмендә үлчиләр. Обсерваторияләрдә саклана торган негативлар «пыяла фотоханәне» тәшкил итә. Астрономик фоторәсемнәрне өйрәнәп, чагыштырмача якын йолдызларның ерак йолдызларга карата әкрән генә күчешен үлчәргә, бик тонык объектларның негативтагы сурәтен кү-



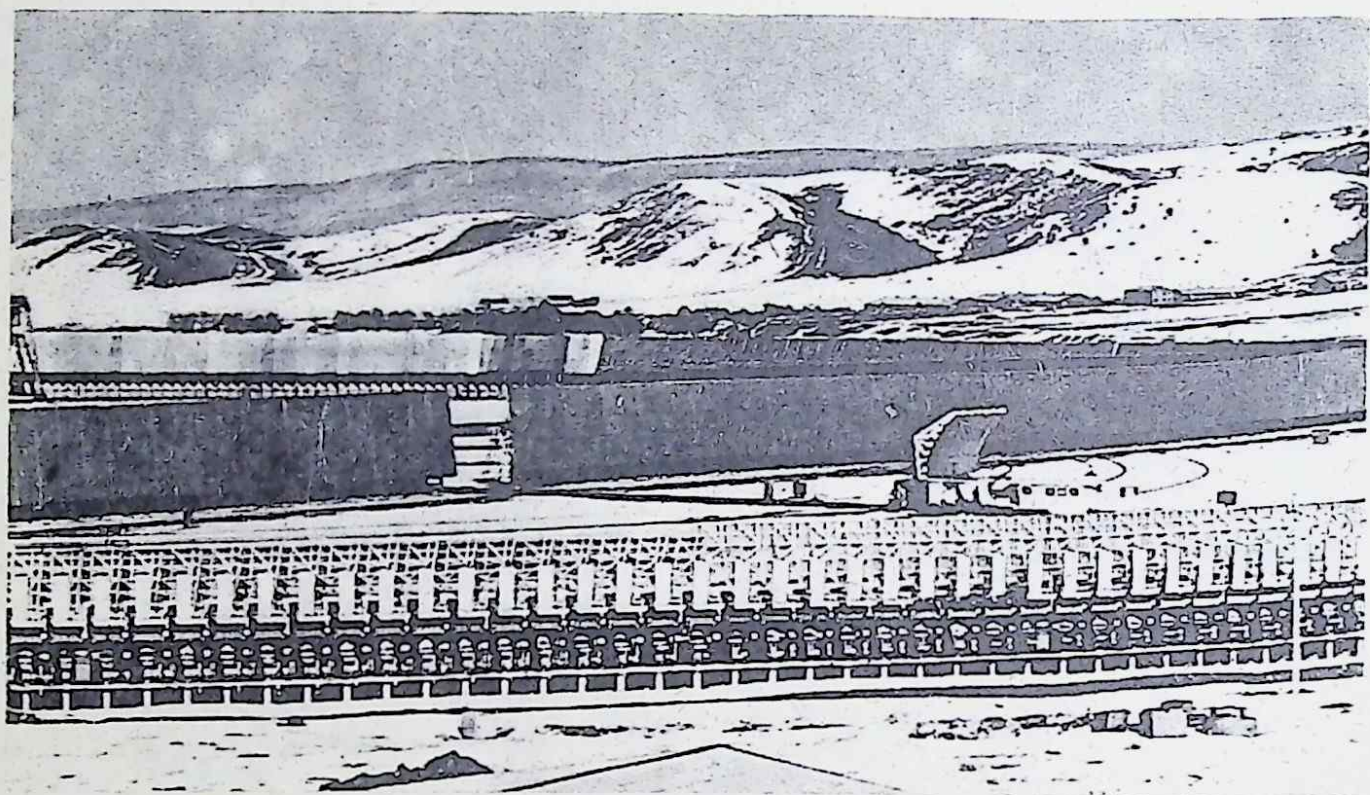
36. Пулково обсерваториясенең төп бинасы.

рергә, йолдыз, планета һәм башка космик объектлардан килгән нурланыш агышының зурлыгын үлчәргә була. Яктылык агышының энергиясен бик төгәл үлчәү өчен, фотоэлектрик *фотометрлар* кулланылар. Аларда йолдызның телескоп объективы жыйган яктылыгы вакуумлы электрон приборның яктылыкка сизгер катламына — фотокөчәйткечкә юнәлтелә, һәм анда зәгыйфь кенә ток барлыкка килә. Ул ток махсус электрон приборлар ярдәмендә көчәйтелә һәм язып алына. Яктылыкны махсус сайлап алынган яктылык фильтрлары аша үткәреп, астрономнар объектның төсөн дә һәм төсләр санын да зур төгәллек белән билгелиләр.

2. Радиотелескоплар. Космик радионурланыш ачылгач, аларны кабул итү өчен төрле системадагы *радиотелескоплар* эшләнә. Кайбер радиотелескопларның антенналары гадәти рефлекторларга охшый. Алар радиодулкыннарны батынкы металл көзгенең фокусына

37. Рәшәткәсыман көзгелә радиотелескоп.





«РАТАН-600». Дөньяда иң зур радиотелескопларның берсе — СССР Фөңнөр академиясенең 600 м диаметрлы радиотелескобы.

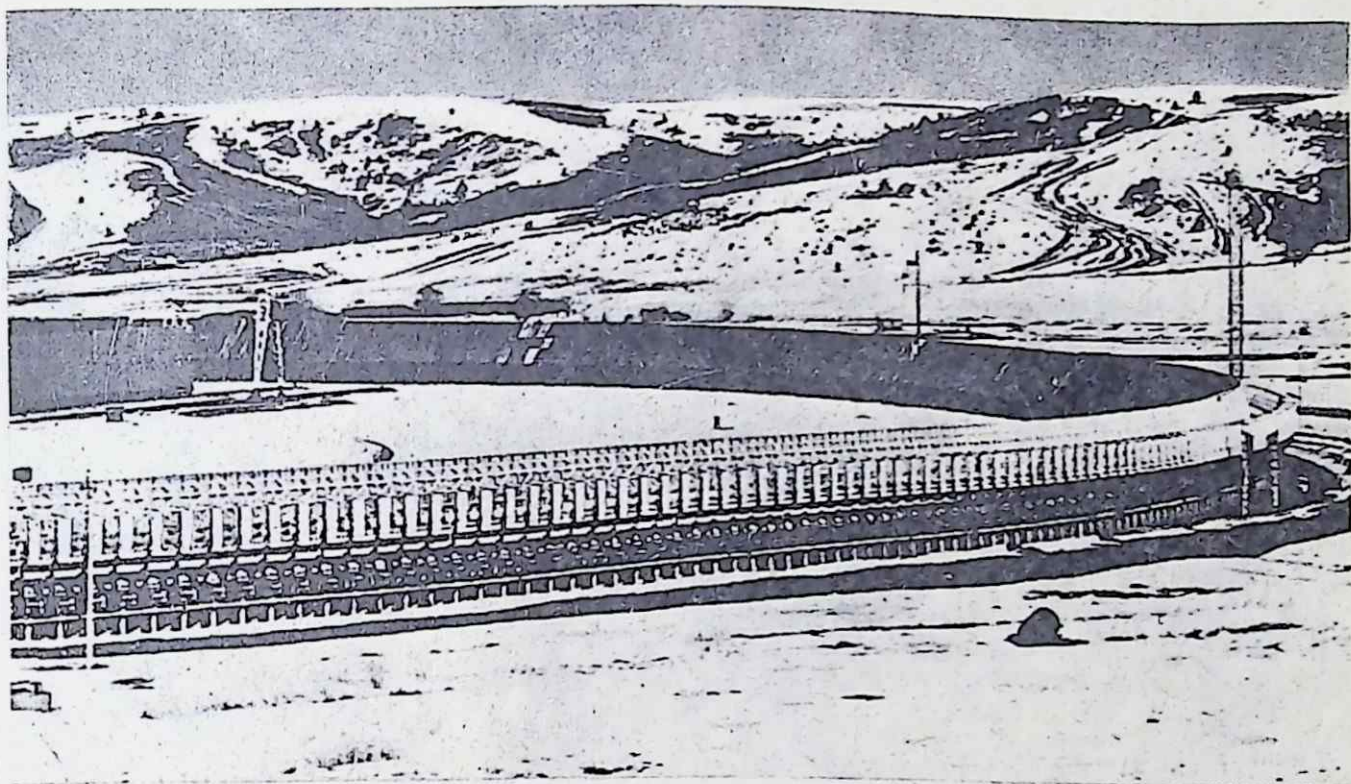
жыялар. Андый көзгене рәшәткәсыман итеп ясарга мөмкин, һәм ул гаять зур үлчәмле — диаметры уннарча метр була (37 нче рәсем).

Башка радиотелескоплар хәрәкәт итә торган бик зур рам-
нардан гыйбарәт, аларга, үзара параллель итеп, металл таяклар
яки спиральләр беркетелгән була. Космостан килгән радиодул-
кыннар тәэсирендә металл таякларда электромагнитик тирбә-
неш хасил була. Бу тирбәнешләр көчәйтелеп, объектның радио-
нурланышын язып бара торган бик сизгер радиоаппаратларга
килә.

Бер-берсеннән ерак (кайвакытта йөзәрләгән километрдан да
ераграк) урнашкан аерым антенналар системасыннан торган
радиотелескоплар бар. Алар ярдәмендә космик радионурла-
ныш чыганагы бер үк вакытта берничә урыннан күзәтелә. Бу
ысул радионурланыш чыганагының төзелешен, аның почмакча
үлчәмен (ул почмакча секундтан күп тапкырлар кечкенә булган
очракта да) билгеләргә мөмкинлек бирә.

Күк жисемнәре һәм күк жисемнәре системаларының радио-
нурланышын өйрәнәргә мөмкинлек тугач, безнең алар турында-
гы белемнәребез гадәттән тыш баеды.

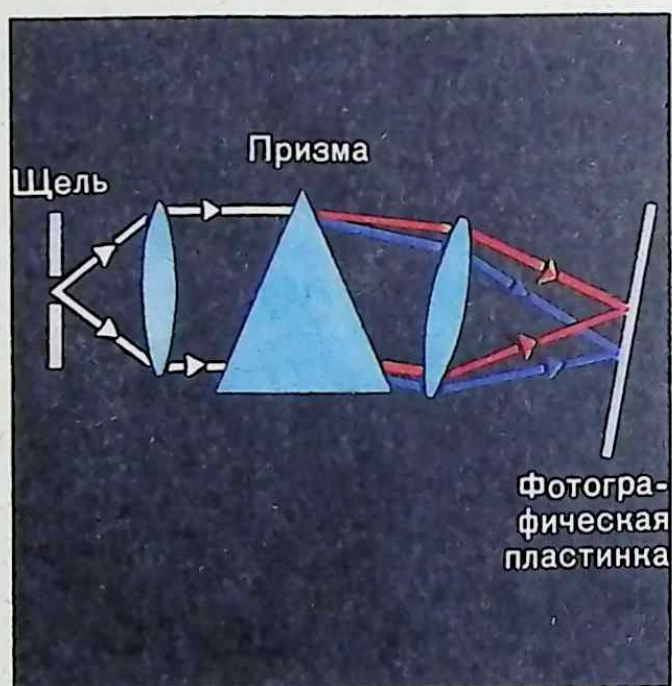
3. Спектраль анализы куллану. Күктәге объектларның кү-



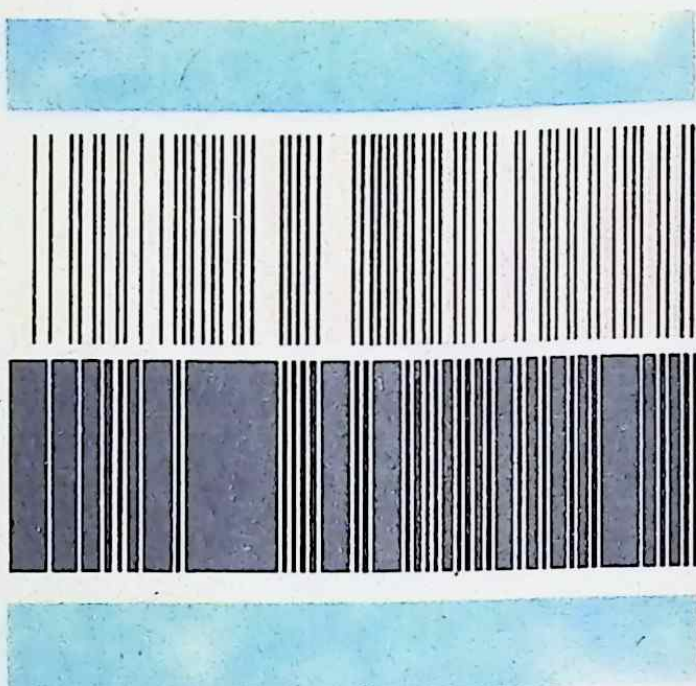
бесе турындагы мәғлүматларның чыганагы — аларның нурланышы. Жисемнәрнең нурланышына *спектраль анализ* ясау алар турында күп төрлө һәм иң әһәмиятле мәғлүматлар алырга мөмкинлек бирә. Бу ысул белән яктырткычның сыйфат һәм микъдар яғыннан химик составын, температурасын, магнит кыры булу-булмавын, күренү нуры юнәлешендә хәрәкәт тизлеген һәм башка нәрсәләрне билгеләп була.

Белгәнегезчә, спектраль анализ яктылык дисперсиясе күренешенә нигезләнә. Әгәр яктылык бәйләмен өч кырлы призманың ян кырына юнәлтсәк, ак яктылыкны төзүче нурлар, пыялада төрлөчә сынып, экранда салават күпере төсөндәге тасма — спектр хасил итәләр. Спектрда барлык төсләр һәрвакыт билгеле бер тәртиптә урнашалар.

Билгеле булганча, яктылык электромагнитик дулкыннар рәвешендә тарала. Һәр төскә билгеле бер озынлыктагы электромагнитик дулкын туры килә. Яктылык дулкынының озынлыгы кызыл нурлардан миләүшә нурларга таба якинча 0,7 дән 0,4 мкм га кадәр кими. Спектрда миләүшә нурлардан соң ультрамиләүшә нурлар килә; алар күзгә күренмәсәләр дә, фотопластинкага тәэсир итәләр. Рентген нурларының дулкыны тагын да кыскарак. Кызыл нурлардан соң инфракызыл нурлар өлкәсе



38. Призмалы спектрографның төзелеш схемасы.

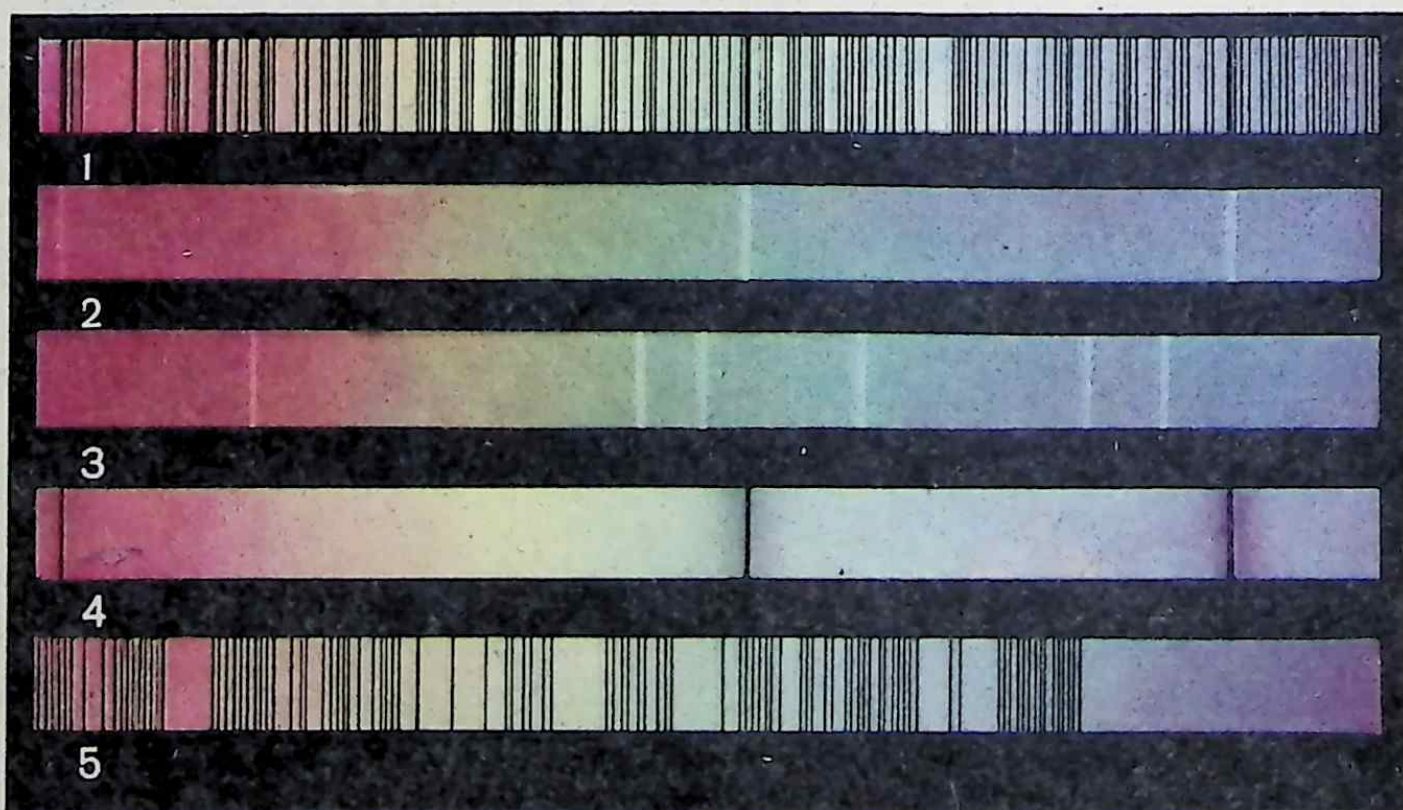


39. Кояш спектрын (остө) тимер парларының лабораториядә алынган спектры белән чагыштыру.

китә. Алар күренми, ләкин инфракызыл нурланыш алгычларына, мәсәлән, махсус фотопластинкаларга тәэсир итәләр.

Спектрлар хасил итү өчен спектроскоп һәм спектрограф дип аталган приборлар кулланыла (38 нче рәсем). Спектроскопта спектры карыйлар, ә спектрограф белән аны фоторәсемгә төшереп алалар. Спектрның фоторәсеме спектротрамматип атала.

40. 1 — Кояш, 2 — водород, 3 — гелий, 4 — Сириус (ак йолдыз), 5 — Орион α сы (кызыл йолдыз) спектрлары.



Хәзерге вакытта астрофизикада күп төрдәге нурланышларның спектраль анализы өчен катлаулырак жайланмалар да кулланыла.

Жирдәге чыганаclar һәм күк жисемнәре спектрларының түбәндәге төрләре була.

Салават күперә рәвешендәге *тоташ*, яки *өзлексез спектрны* каты һәм сыек хәлдәге кызган жисемнәр (күмер, электр лампы кылы) һәм житәрлек дәрәжәдә тыгыз булган газ массасы бирә.

Сирәкләнгән газлар һәм парлар бик нык кызганда, *нурланышның сызыклы спектрны* бирәләр. Һәрбер газ билгеле бер озынлыктагы яктылык дулкыннары тарата һәм шул химик элемент өчен генә хас булган сызыклы спектр бирә. Газның халәте яки яктырыш шартлары бик нык үзгәрү, мәсәлән, жылынуы яки ионлашуы бу газның спектрында билгеле бер үзгәрешләр китеп чыгара.

Һәрбер газ өчен сызыкларны исемләп таблицалар төзелгән, анда һәр сызыкның яктылык дәрәжәсе дә күрсәтелгән. Мәсәлән, натрий спектрында ике сары сызык бигрәк тә ачык күренә.

Газлар яки парлар *тоташ спектр* бирүче якты һәм нык кызган яктылык чыганагы алдында торганда, *сызыклы йотылу спектрны* бирәләр. Йотылу спектрны кара сызыклар белән кискәләнгән *тоташ спектрдан* гыйбарәт. Газның нурланыш спектрында ачык сызыклар кайда булырга тиеш булса, кара сызыклар да шунда ук була (39 нчы рәсем). Мәсәлән, натрийның ике кара йотылу сызыгы спектрның сары өлешендә урнашкан.

40 нчы рәсемнән файдаланып, Кояш белән Сириус спектрларындагы водород сызыкларын тигләштерегез.

Спектрларны өйрәнү яктылык таратучы яки йотучы газларның химик анализын ясарга мөмкинлек бирә. Энергия таратучы яки йотучы молекула һәм атомнарның саны сызыкларның интенсивлыгы белән билгеләнә. Нурланыш яки йотылу спектрында бирелгән элементның сызыгы никадәр ачыграк булса, яктылык нуры юлындагы атомнар (молекулалар) саны да шулкадәр күбрәк була.

Кояш һәм йолдызлар газ атмосферасы белән чолганып алынган. Аларның күренмә өслекләренен *тоташ спектрны* кара йотылу сызыклары белән бүлгәләнә. Бу сызыклар йолдыз атмосфе-

расы аша яктылык үткөндө барлыкка килэ. Шуңа күрө Кояш һәм йолдызларның спектры — йотылу спектрлары ул.

Төрлө спектр рәсемнәрен тикшерегез (40 нчы рәсемне карагыз).

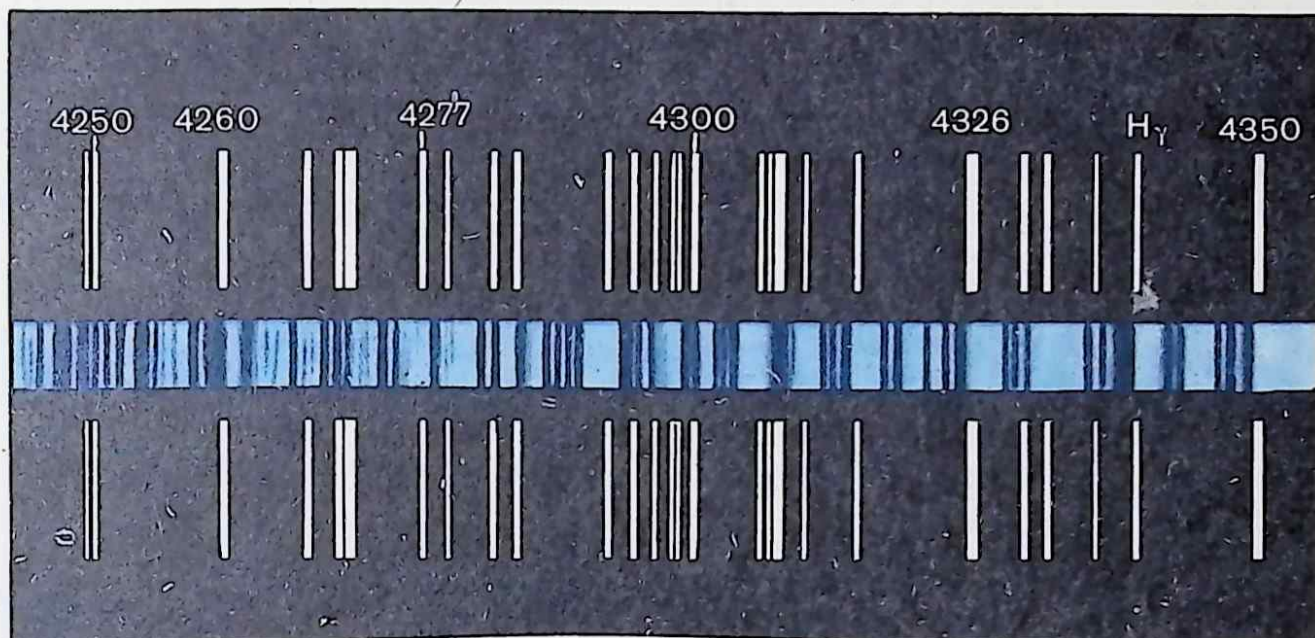
Күктәге яктырткычларның Жиргә карата күрү нуры буенча хәрәкәтләренә тизлекләре (*нур буенча тизлекләре*) спектраль анализ ярдәмендә **Д о п п л е р э ф ф е к т ы** нигезендә билгеләнә: әгәр яктылык чыганагы белән күзәтүче бер-берсенә якынлашсалар, спектрдагы сызыкларның торышын билгеләүче дулкыннарның озынлыгы кыскара, ә алар бер-берсеннән ераклашканда, дулкыннарның озынлыклары арта. Бу күренеш

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right)$$

формуласы белән күрсәтелә, биредә v — чагыштырма хәрәкәтнең нур буенча тамганы исәпкә алган тизлегә (якынлашканда минус тамгасы белән), λ_0 — яктылык чыганагы хәрәкәт итмәгәндә яктылык дулкынының озынлыгы, ә λ — дулкынның яктылык чыганагы хәрәкәт иткәндәге озынлыгы һәм c — яктылык тизлегә. Икенче төрлө әйткәндә, күзәтүче белән яктылык чыганагы бер-берсенә якынлашканда, спектрдагы сызыklar миләүшә төс ягына, ә ераклашканда кызыл төс ягына тайпылалар.

Яктырткычның спектрограммасын алгач, чагыштыру өчен аның янына, өскә һәм аска — Жирдәге яктылык чыганагының спектрын ябыштыралар (41 нче рәсем). Чагыштыру спектры безнең өчен хәрәкәтсез булганга, аңа карата йолдыз спектрындагы сызыкларның тайпылуын билгеләп була. Хәтта күк жисемнәренә тизлекләре дә (гадәттә секундка уннарча һәм йөzlәрчә километр) бик кечкенә (миллиметрның йөзенче яки унынчы өлеше кадәр) тайпылыш китереп чыгара. Аларны спектрограммада микроскоп астында гына үлчәп була. Бу тайпылуның нинди дулкын озынлыгына туры килүен белү өчен, спектрның масштабын, ягъни спектр буенча 1 мм күчкәндә, дулкын озынлыгының ничә миллимикронга үзгәрүен белергә кирәк. λ , λ_0 һәм $c = 300\,000$ км/с зурлыklарын формулага куеп, яктырткычның хәрәкәт тизлегә v ны исәпләп чыгара алабыз.

Спектр ярдәмендә якты объектның температурасын да билгеләп була. Кып-кызыл булганчы кызган жисемнең тоташ спектрында кызыл өлеш яктырак була. Тагын да кыздырганда, спектрдагы яктырак өлкә сарыга таба, аннан яшел өлешкә һ. б.



41. Күрү нуры буенча хәрәкәт итә торган йолдыз спектрында $H\gamma$ сызыгының тайпылуы. Өстә һәм аста — лабораториядә алынган чагыштыру спектры. Алардан өстөрөк дулкын озынлыклары ангстремнарда язылган ($1\text{\AA} = 0,0001\text{ мкм}$).

күчә бара. Әлеге күренеш Винның авышу законы белән аңлатыла. Бу закон максимумның нурланыш спектрындагы торышы жисемнең температурасына бәйле булуын күрсәтә. Бәйлелекне белеп, Кояш һәм йолдызларның температурасын билгеләргә була. Планета һәм йолдызларның температурасын инфракызыл нурланышны кабул итүче махсус алгычлар ярдәмендә дә билгеләләр.

14 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Йолдыз спектрында водород сызыгына туры килә торган дулкын озынлыгы лабораториядә алынган спектрдагыга караганда зуррак. Йолдыз безгә якынлашамы, әллә бездән ераклашамы? Әгәр йолдыз күрү нурына перпендикуляр рәвештә хәрәкәт итсә, спектрда сызыklar авышуы күзәтелерме?
2. Фоторәсемдә йолдыз спектрының сызыгы, йолдызның нормаль торышындагыга караганда, $0,02\text{ мм}$ га күчкән. Әгәр спектрдагы 1 мм га дулкын озынлыгының $0,004\text{ мкм}$ (бу зурлык спектрограмманың *дисперсиясе* дип атала) үзгәрүе туры килсә, дулкын озынлыгы күпмегә үзгәргән булыр? Йолдыз нинди тизлек белән хәрәкәт итә? Хәрәкәт итми торган чыганакның озынлыгы $0,5\text{ мкм} = 5000\text{ \AA}$ (ангстрем). $1\text{ \AA} = 10^{-10}\text{ м}$.

6 НЧЫ БИРЕМ

41 нче рәсем буенча масштаблы линейка ярдәмендә спектрның 1 мм озынлыгына туры килгән дисперсияне ангстремнарда дулкын озынлыгының

4260—4277⁰ А (ангстрем) интервалында табыгыз. Лупадаң файдаланып, йолдыз спектрындагы иң киң Нү сызыгы үзегенч чагыштыру спектрындагы шундый ук сызыктарга карата күчүен үлчөгөз. Сызыктарның күчүе буенча йолдызның нур буенча тизлеген исәпләп чыгарыгыз.

4. Атмосферадан читтәге астрономия. Күк жисемнәрен һәм космик тирәлекне өйрәнү ысуллары арасында космик техника ярдәмендә тикшеренүләр аерым урын алып тора. 1957 елда СССРда Жирнең беренче ясалма иярченен жибәрү бу тикшеренүләрнең башлангычы булды. Тиз үсә барып, космонавтика: 1) Жирнең атмосферадан читтә оча торган ясалма иярченнәрен булдыру; 2) Айның һәм планеталарның ясалма иярченнәрен булдыру; 3) Айга һәм планеталарга Жирдән идарә ителә торган приборлар жибәрәп, аларны анда төшерү; 4) Айда күчеп йөрерлек, Ай токомы үрнәкләрен һәм төрлө үлчәү нәтижәләре язмасын алып кайтырлык, Жирдән идарә ителә торган автоматлар булдыру; 5) космоска кешеләр белән лабораторияләр жибәрү, аларны Айга төшерү мөмкинлеген тудырды. Космик аппаратлар электромагнитик нурланыш дулкыны озынлыгының барлык диапазонында да тикшеренүләр үткәргә мөмкинлек бирде. Шуңа күрә хәзерге заман астрономиясен еш кына күпдулкынлы (все-волновая) дип атыйлар. Атмосферадан читтәге күзәтүләр Жир атмосферасы тарафыннан йотыла яки нык үзгәртелә торган нурланышларны: ерактагы ультрамилләүшә, рентген, инфракызыл нурларны, кайбер озынлыктагы дулкыннарның Жиргә килеп житми торган радионурланышын, шулай ук Кояш һәм башка жисемнәрнең корпускуляр нурланышын космоста кабул итәргә мөмкинлек бирә. Йолдыз һәм томанлыктардан, планетаара һәм йолдызара тирәлектән килә торган нурланышның элек өйрәнәргә мөмкин булмаган төрләрен тикшерү Галәмдә бара торган физик процесслар турындагы белемнәребезне бик нык баетты. Аерым алганда, рентген нурланышының элек билгеле булмаган чыганаклары ачылды.

Төрлө космик аппаратларга куелган приборлар ярдәмендә үткәрелгән тикшеренүләр аркасында, бездән бик ерак торган жисемнәр һәм аларның системаларының табигате турында күп мәгълүматлар алынды.

Соңгы уннарча ел эчендә үткәрелгән астрофизик тикшеренүләрнең нәтижәсе безне чолгап алган дөньяда шактый зур үзгәрешләр булуын күрсәтә. Ул үзгәрешләр, аерым объектларга гына түгел, гомумән бөтен Галәмгә кагыла.

V. КОЯШ СИСТЕМАСЫНДАГЫ ЖИСЕМНЭРНЕН ФИЗИК ТАБИГАТЕ

15. ПЛАНЕТАЛАРНЫҢ ГОМУМИ ХАРАКТЕРИСТИКАСЫ. АЛАР ТАБИГАТЕНЕҢ ФИЗИК БЭЙЛЕЛЕГЕ

III бүлектә без Кояш системасының составы белән таныштык, Кояш тирәсендә әйләнәп йөри торган жисемнәрдән иң зур массага планеталар ия булуын белдек. Астрономнар, күзәтүләр нигезендә, күп кенә планеталарның, массалары һәм үлчәмнәренән тыш, үз күчәрләре тирәсендә әйләнү периодын, ул күчәрнен планета орбитасы яссылыгына авышлыгын да билгеләделәр. Бу характеристикалар күбесенчә күк жисеме өслегендәге физик шартларны билгели. Мәсәлән, планеталарның үлчәме һәм массасы аның өслегендәге тартылу көчен билгели, ә бу исә планетаның үзе янында атмосфераны тотып тора алу-алмавын күрсәтә. Тизлеге параболик тизлектән зуррак булган молекулалар планетаны ташлап китәләр. Нәтижәдә кечкенә планеталарның һәм күп кенә планета иярченнәренен бернинди дә атмосфералары юк. Массасы зур булмаган планеталарның да атмосфералары тыгыз түгел; мәсәлән, өслегендәге тартылу көче Жирнекеннән кечерәк булган Марсның атмосферасы шактый сирәк. Өслекләрендә тартылу көче зур булган гигант планеталарда, мәсәлән Юпитерда, атмосфера тыгыз. Аның атмосферасында Кояшка якын торган дүрт планетада күзәтелмәгән молекуляр водород та бар. Атмосфераның тыгызлыгы һәм химик составы Кояштан килә торган нурланышның йотылу дәрәжәсен билгели. Планета өслегенен температурасы аның Кояштан ераклыгына һәм атмосфераның булу-булмавына бәйле. Планетаның үз күчәре тирәсендә әйләнүе төнгә һәм көндөзгә ярымшарларда температураларның тигезләнүенә китерә.

Планеталарны өйрәнү обсерваторияләрдә урнаштырылган Жирдәге астрономик инструментлар ярдәмендә дә, космик аппаратлар ярдәмендә дә алып барыла.

Гигант планеталар — Юпитер, Сатурн, Уран һәм Нептуннан аермалы буларак, Кояшка якын булган дүрт планета Жир тибындагы планеталар дип атала. Әлеге төркемдәге планеталар

физик шартлары буенча бер-берсенә охшаш. Бу очраклы хәл түгел. Ул планеталарның барлыкка килү һәм үсеш тарихына бәйле. Әлегә аз өйрәнелгән Плутон, үлчәме һәм массасы ягыннан, Жир төркемендәге планеталарга якын.

7 НЧЕ БИРЕМ

1. V кушымтадан файдаланып, планеталарның югарыда әйтеп үтелгән ике төркеме нинди характеристикалары белән бер-берсеннән нык аерылып торуын билгеләгез.
2. Бу төркемнәрнең һәрберсенен характерлы үзенчәлекләрен әйтеп бирегез.
3. Безне чолгап алган объектларның тыгызлыгындагы аермалыкларны нәрсә белән аңлатып булуын искә төшерегез.

Билгеле булганча, матдәләрнен тыгызлыгындагы аермалыклар аларның химик составлары һәм агрегат хәлләре төрлечә булуын раслый. Жир төркемендәге планеталар, безнең планетабыз кебек үк, авыр химик элементларның (кремний, тимер, алюминий һәм башка металл һәм металл булмаган элементлар) оксидларыннан торалар. Шуңа күрә аларда кислород атомнары барыннан да күбрәк. Гигант планеталар, нигездә, водород белән гелийдан торсалар да, аларда Жир тибындагы планеталар составындагы матдәләр дә бар. Мәсәлән, Юпитерда гына да андый матдәләр Жир группасы планеталарының барысындагыдан күбрәк.

16. ЖИР ПЛАНЕТАСЫ

1. Төзелеше. Жирнең космик аппаратлардан алынган күп санлы фоторәсемнәре (42 нче һәм 43 нче рәсемнәр) Жир шарының төп өч тышчасын: болытлары белән атмосфера, гидросфера һәм табигый катламнары белән литосфераны күрергә мөмкинлек бирә. Матдәнең шушы тышчаларга туры килгән өч агрегат хәле — газсыман, сыек һәм каты хәл — безгә, Жирдә яшәүчеләргә, гадәти санала. Атмосфера Кояш системасындагы күпчелек планеталарда бар. Каты тышча исә Жир группасындагы планеталарга һәм аларның иярченнәренә, шулай ук астероидларга хас. Жирнең гидросферасы — Кояш системасында бердәнбер күренеш, безгә билгеле булган башка бер планетада да ул юк. Суның сыек хәлдә булуы өчен, температура белән басымның аерым бер шартлары кирәк. Галәмдә сушактый күп таралган химик кушылма булып тора, ләкин баш-

ка күк жисемнәрендә без суны башлыча каты хәлдә генә, Жирдә билгеле булган кар, боз, бәс хәлендә генә, очратабыз.

Литосферада бара торган процесслар — матдәләрнең химик составында миллиард еллар буенча барган үзгәрешләрнең чагылышы ул. Радиоактив элементлар таркалганда аерылып чыккан энергия хисабына матдәнең эрүе һәм дифференциациясе барлыкка килгән. Нәтижәдә жиңелрәк кушылмалар, башлыча силикатлар, өстә, жир кабыгында калганнар, ә авырраклары үзәккәрәк үтеп, төшнә барлыкка китергәннәр.

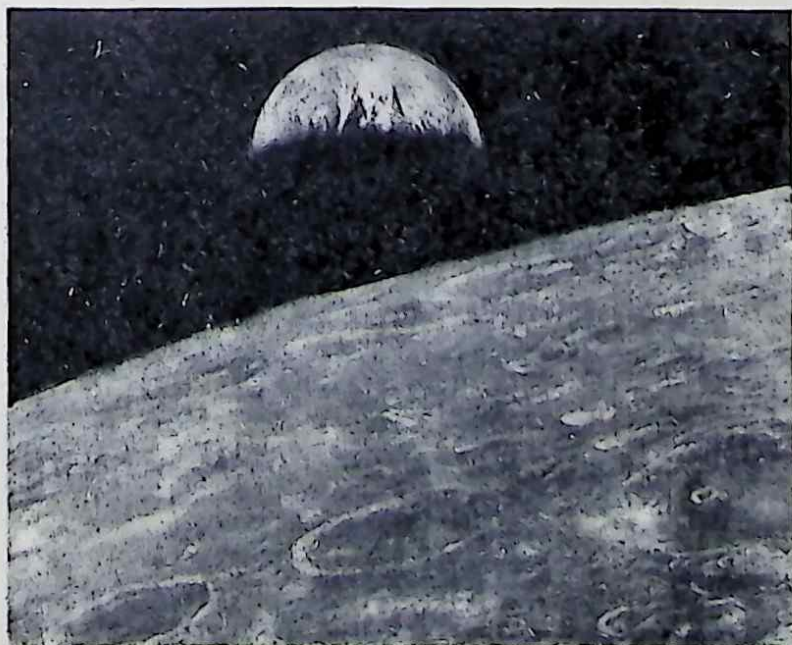
Кабык бик калың түгел: океан астында ул 10 км чамасы, ә таулар астында 80 км га кадәр житә. Төшнең радиусы планета радиусыннан ике тапкыр кечерәк. Төш белән кабык арасында арадаш катлам — Жир мантиясе урнашкан, ул кабык матдәсенә караганда тыгызрак матдәләрдән тора.

Космик аппаратлар ярдәмендә үткәрелгән тикшеренүләр нәтижәсе Айның да, Жир группасындагы планеталарның да эчке төзелеше, гомумән алганда, бертөрле булуын күрсәтте.

2. Атмосфера. Жирне урап алган газ сүрүе — атмосфера — 78% азот, 21% кислород һәм бик аз микъдардагы башка газлардан тора.

Атмосфераның 10—12 км биеклеккә кадәрге (урта кинлекләрдә) түбәнге катлавы тропосфера дип атала. Югарырак күтәрелгән саен, анда температура кими бара; аннан соң

42. Жир Ай горизонтының өстендә.



43. Жирнең космостан төшереп алынган фоторәсеме.



стратосфера катлавы башлана, аның температурасы даими -40°C чамасы. Якынча 25 км биеклектән башлап, атмосфераның температурасы Кояшның ультрамиләүшә нурларын йоту исәбенә экренләп күтәрелә.

? *Ни өчен тропосферада күтәрелгән саен температура төшә?*

Атмосфераның тыгызлыгы югары күтәрелгән саен кими бара. 6 км чамасы биеклектә атмосфераның тыгызлыгы Жир өслеге янындагыдан 2 тапкыр азрак. Йөзләрчә километр биеклектә атмосфераның тыгызлыгы Жир өслеге янындагыдан миллион тапкыр сирәгрәк. Тагын да югарырак, берничә Жир радиусы кадәр биеклектә, бары тик сирәкләнгән водород кына бар. Анда тыгызлык — бер куб сантиметрда мең атом чамасында гына.

Кояш нурлары Жир атмосферасының югары катлауларын бик нык ионлаштыра. Атмосфераның ионлашкан катлавы ионосфера дип атала.

Атмосфера космик кинәлектән Жиргә килүче нурланышның зур өлешен кире кайтара яки йотып кала. Мәсәлән, Кояшның рептген нурланышын үткәрми. Атмосфера безне микрометеоритларның өзлексез бомбага тотуыннан да, космик нурларның — гаять зур тизлекле элементар кисәкчекләренең (нигездә, протоннар һәм гелий атомы төшләре) — жимергеч тәэсиреннән дә саклай.

Атмосфера Жирнең жылылык балансында бик әһәмиятле роль уйный. Кояшның күзгә күренә торган нурлары атмосфера аша Жиргә кимемичә диярлек килеп житә. Жир өслеге аларны йотып жылына да инфракызыл нурлар тарата.

? *Ни өчен аяз төндә һаваның салкынаюы көчлерәк була?*

Хәзерге аңлавыбызча, Жирдә тереклек гидросфера белән атмосфераның булуы аркасында гына барлыкка килгән. Шуңа күрә экология һәм безнең бердәнбер планетабызда табигатьне саклау проблемалары аерым әһәмияткә ия.

3. Магнит кыры. Жирнең магнит кыры шактый көчле ($5 \cdot 10^{-5}$ Тл чамасы). Жирдән ераклашкан саен, магнит кыры индукциясе кими бара.

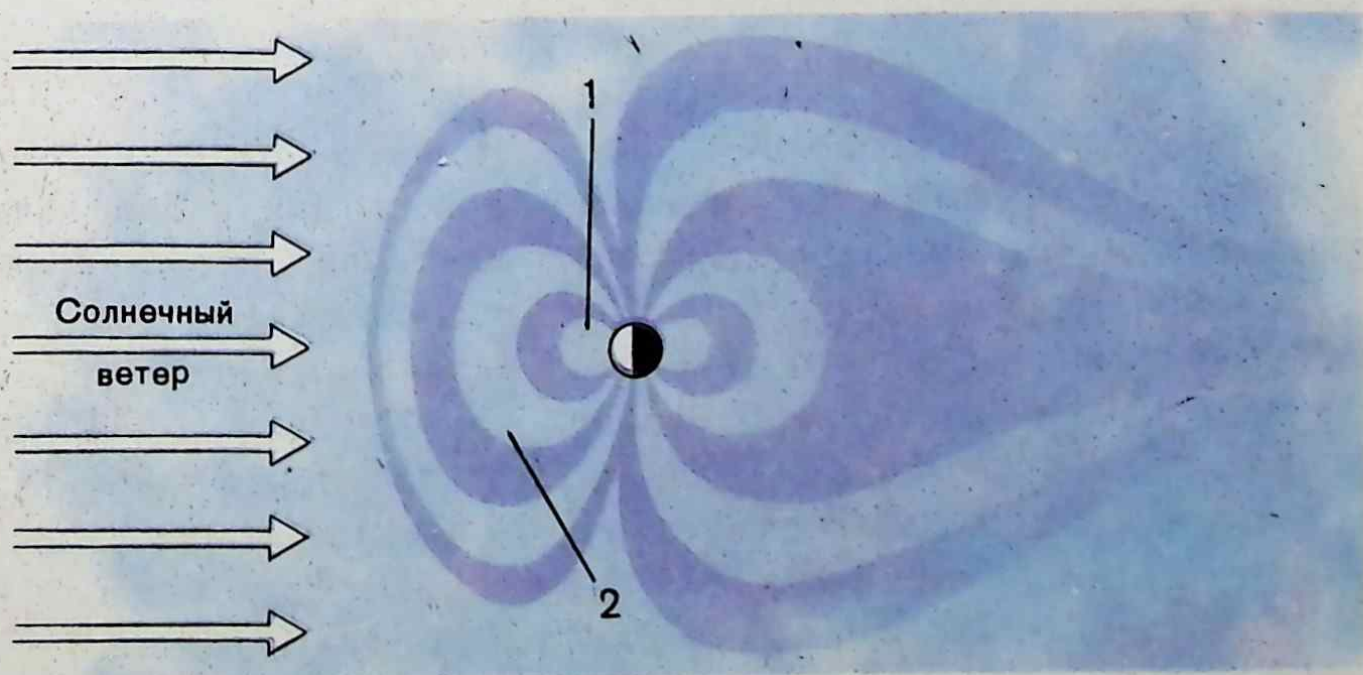
Жир шары янындагы тирәлекне космик аппаратлар ярдәмендә тикшерү планетабызның көчле радиация поясы белән чол-

ганып алынган булуын күрсөттө (44 нче рәсем). Ул бик тиз хәрәкәт итүче корылган элементар кисәкчекләрдән — протон һәм электроннардан тора. Аны зур энергиягә ия булган кисәкчекләр поясы дип тә атыйлар.

Поясның эчке өлеше Жир өстеннән якынча 500—5000 км ларга сузыла. Радиация поясының тышкы өлеше, Жирнең 1—5 радиусы кадәр биеклекләр арасында урнашып, нигездә, ун меңнәрчә электронвольт энергияле электроннардан гыйбарәт. Бу — эчке пояс кисәкчекләре энергиясеннән 10 тапкыр азрак.

Жирнең радиация поясын тәшкил итүче кисәкчекләр, мөгаен, Кояштан өзлексез атылып чыга торган кисәкчекләр арасыннан Жирнең магнит кыры тотып калганнарыдыр. Кояштагы кабынышлар дип аталган шартлаулар кисәкчекләрнең тагын да куәтләрәк агышларын китереп чыгаралар. Кояш кисәкчекләренең агышы, 400—1000 км/с тизлек белән хәрәкәт итеп, Кояшта булган кызган газлар кабынышыннан соң 1—2 көн чамасы вакыт үткәч кенә Жиргә килеп житә. Мондый көчле корпускуляр агыш Жирнең магнит кырында үзгәрешләр китереп чыгара. Магнит кырының характеристикалары тиз һәм нык үзгәрә. Бу *магнит давылы* дип атала. Компас угы тирбәлеп тора. Ионосферада радиоэлементәне боза торган үзгәрешләр килеп чыга, *поляр балкышлар* барлыкка килә (45 нче рәсем). Төрле формадагы һәм төрле төсләрдәге поляр балкышлар 80 км дан алып 1000 км га кадәр биеклектә хасил була. Ул түбәндәге сәбәпләр аркасында

44. Жирнең радиация поясының схемасы: 1 — эчке өлеше, 2 — тышкы өлеше.





45. Поляр балкыш.

килеп чыга. Поляр өлкөлөрдө кисәкчекләр, магнит кырынын көч сызыклары буйлап хәрәкәт итеп, анда ул өслөккә перпендикуляр диярлек, атмосферага үтөп керәләр. Ул кисәкчекләр һава молекулаларына бәрелеп, аларны ионлаштыралар һәм вакуум көпшәсендәге электроннар агышы шикелле бәрмә яктырыш китереп чыгаралар. Поляр балкышларнын электр табигатьле булуы турында гениаль фаразны беренче булып М. В. Ломоносов әйткән. Поляр балкышларнын төсө атмосфера газларынын яктырышына бәйле.

Шулай итеп, без Жирдә һәм анын атмосферасында бик күп төрлө процесслар баруын, аларнын күбесә Жирдән 150 млн. км

ераклыктагы Кояшка бәйле икәннән, ягъни Жирнең космостан аерылмаган булуын ачыkladык.

4. СССРнын космик пространствоны тынычлык максатларында үзләштерүдәге казанышлары һәм халыкара хезмәттәшлеге. Планеталарны һәм Кояш системасындагы башка жисемнәрне өйрәнүдә ирешелгән зур уңышлар астрономиянең геофизика, геология кебек Жир турындагы фәннәр белән бәйләнеше артуга ярдәм итте. Әлеге белгечлек буенча галимнәр, Меркурий, Венера, Марс, Ай һәм башка иярченнәрне топографик, радиофизик һәм башка тикшерү нәтижәләрен өйрәнгәндә, геологик чагыштыру ысулыннан файдаланалар. Бу планетабыз үсешенен борынгы тарихын, казылма байлык чыганакларынын барлыкка килү закончалыгын тирәнрәк аңларга һәм Жирдәге ул байлыкларны эзләүне уңышлырак башкарырга мөмкинлек бирә.

Космик техника фәннең, техниканың, халык хужалыгынын башка күп төрлө тармакларында да кулланыла. Илебезнең ерак һәм керүе кыен булган районнары белән өзлексез рәвештә телефон элемтәсе булдыру, телевидение ярдәмендә хәбәрләр жибәреп

тору өчен «Молния», «Экран» һәм «Горизонт» тибындагы элемент ярченнәре кулланыла. Аларның кайберләре даими орбитага чыгарыла һәм халык яши торган зур булмаган пунктларда коллектив антенналар белән телевидение тапшыруларын кабул итәргә мөмкинлек бирә.

Соңгы унъеллыкта космик метеорология системасы булдырылды. Аның төп өстенлеге — алынган мәгълүматларның вакытлы һәм зур күләмле булуында. «Метеор» тибындагы метеоспутник планетабыз өстендә болыт катламнарының урнашу күренешен жентекләп өйрәнәргә, циклоннарның, атмосфера үзгәрешләренен кая таба хәрәкәт итүен һәм ни хәлдә булуын ышанычлы билгеләргә, океан һәм дингезләрдәге боз торышын күзәтергә мөмкинлек бирде.

Космостан алынган мәгълүматлар урманнарның һәм авыл хужалыгы культуралары чәчелгән кырларның ни хәлдә булуын даими рәвештә күзәтеп торуны тәмин итә. Бу мәгълүматлар барлык жир ресурсларының эффектлылыгын күтәрергә, үсемлекләрнең зарарлану чыганагын үз вакытында ачыкларга, ил масштабында төрле иген культураларының уңышын алдан белеп торырга мөмкинлек бирә.

Орбитадагы идарә ителә торган «Союз-Салют» комплексында авырлык югалуының һәм космик очышның башка гадәттән тыш шартларының төрле процессларга тәсирен өйрәнү һәм шундый шартларда алдан билгеләнгән үзлекләргә ия булган материаллар һәм матдәләр табу буенча төрле технологик экспериментлар үткәрелә. Космонавтлар астрофизик, геофизик, метеорологик һәм башка күзәтүләр алып баралар, ачык космоска чыгалар, космонавтиканың тагын да үсеше өчен кирәкле яңа приборлар һәм жиһазларны сыныйлар.

СССРның тынычлык сөючән тышкы политикасы шушы фәнни-техник прогресс өлкәсендә үзенен ачык чагылышын тапты. Орбитадагы экипажлар составында барлык социалистик илләрнең, Индия һәм Франциянең фәнни тикшеренүче космонавтлары эшләде. Идарә ителә торган һәм автомат станцияләрдә урнаштырылган фәнни аппаратураларны төзегәндә, Айның Жиргә алып кайтылган токым үрнәкләрен тикшерүдә күп илләрнең галимнәре катнашты. Космик очышлар вакытында алынган мәгълүматлар тугандаш социалистик илләрнең белгечләре тарафыннан эшкәртелә, фәнни тикшеренүләрдә, халык хужалыгында кулланыла. Бездән илебез «Йолдызлар сугышы» политикасына каршы актив

көрәшә, космик пространствоны бары тик тынычлык максатларында кулланды халыкара хезмәттәшлекне яклай.

Космик техниканы халык хужалыгында кулланы шактый зур экономик эффектка ия, башка ысуллар белән үткәргә авыр яки мөмкин булмаган төрләр-төрләр эшләргә башкарырга мөмкинлек бирә. Космонавтиканың кешелек тормышындагы роле, фәнни-техник прогреска керткән казанышлары даими рәвештә үсә.

8 НЧЕ БИРЕМ

Укытучы тәкъдим иткән әдәбияттан файдаланып: 1) космоска чираттагы фәнни экспедиция турында; 2) космик техниканы халык хужалыгының берәр тармагында кулланы турында белдерү әзерләгез.

17. АЙ — ЖИРНЕҢ ТАБИГИЙ ИЯРЧЕНЕ

1. Айдагы физик шартлар. Ай — Жиргә иң якын торган күк җисеме. Шуңа күрә ул барыннан да яхшырак өйрәнелгән. Безгә иң якын планеталар исә Айга караганда чама белән 100 һәм аннан да күбрәк тапкыр ераграк торалар. Айның диаметры Жир диаметрыннан 4 мәртәбә, массасы 81 мәртәбә кечерәк. Аның уртача тыгызлыгы $3,3 \cdot 10^3$ кг/м³, ягъни Жир тыгызлыгынан кимрәк. Ихтимал, Айның үзәгендә Жирдәгә кебек тыгыз төш юктыр. Айда яндырып ала торган Кояш нурланышын йомшартучы, космик нурлардан һәм микрометеорлар агышыннан саклаучы атмосфера юк. Анда болытлар да, су да, томан да, салават күпере дә, irtәнгә шәфәк та юк. Чем-кара күлгәләр кискен беленеп тора. Айда су парлары һәм атмосфераның булмавы аның өслегендә турыдан-туры үлчәү юлы белән расланды. Айда күк йөзә, һавасыз пространстводагы кебек, хәтта көндөз дә кара булыр иде, ләкин Айны чолгап алган сирәкләнгән тузан болыты, Кояш яктылыгын чәчеп, азрак яктырта.

Ай өслегенә төшә торган метеоритларның еш бәрелеп торуы аны вак кыйпылчыкларга һәм тузан бөртегенә ваклай. Вакуум шартларында бу тузан, молекуляр укмашып, шлаксыман көпшәк катламга әйләнә. Ай кабыгының мондый төзелеше аның жылыны аз үткәрүчәнлегенә сәбәп була. Нәтижәдә, Ай өстендәгә көчле температура тирбәнешләренә карамастан, аның артык тирән булмаган катлауларында да даими температура саклана. Көннән төнгә күчкәндә температураның бик кискен үзгәрүе атмо-

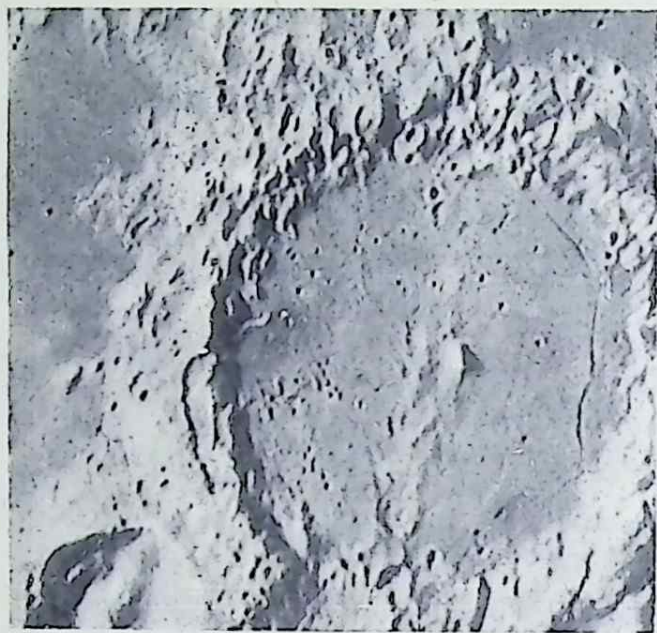
сфераның булмавы белән генә түгел, бәлки көн һәм төннең бик озын булуы белән дә аңлатыла. Айда көн дә, төн дә бездәге ике атнадан озынрак. Айның Кояш туры төшкән урынында температура $+120^{\circ}\text{C}$ ка житә, ә төн булган ярымшарында шуңа капма-каршы урында — -170°C ка кадәр төшә. Айдагы бер көн эчендә температура менә ничек үзгәрә!

Һәрберегез үткәрә ала торган нинди күзәтүләр Айда көн белән төн алышуын исбатлый? ?

2. Рельефы. Галилей заманынан ук инде Айның күренә торган ярымшары картасын төзи башлаганнар. Ай өслегендәге караңгы тапларны «д и н г е з л ә р» дип атаганнар. Ә чынбарлыкта алар — бер тамчы да суы булмаган иңкүлекләр. Аларның төбе караңгы һәм чагыштырмача тигез. Ай өслегенең күпчелек өлешен ачыграк төстәге таулы урыннар алып тора. Анда жирдәгечә Альп, Кавказ һ. б. дип аталган берничә тау сырты бар. Тауларның биеклеге 9 км га житә. Ләкин рельефы нигездә кратерлардан тора. Аларның берничә километр биеклектәге божрасыман валлары 200 км диаметрлы зур түгәрәк иңкүлекләргә чолгап алган. Мәсәлән, Клавий һәм Шиккард шундыйлар исәбенә керә. Эрерәкләре галимнәр хөрмәтенә аларның исемнәре белән йөртелә. Мәсәлән, Айда Тихо, Коперник кратерлары һ. б. бар.

Тулган Ай вакытында бинокль белән караганда аның көньяк ярымшарында якты божрасыман 60 км диаметрлы Тихо кратерын һәм аннан радиус буенча төрле якка таралучы якты нурларны күрергә мөмкин. Аларның озынлыгы Ай радиусы чамасында. Алар күп кенә башка кратерларны һәм караңгы иңкүлекләргә кисеп үтә. Ул нурларның якты стеналы бик күп кратерлар тупланышыннан барлыкка килүе ачыкланды.

Ай рельефын тикшерелә торган участок терминаторга, ягъни Айдагы көн-төн чигенә якын чакта өйрәнү яхшырак. Ул вакытта Кояш яннан яктыртканга, кечкенә генә тигезсезлекләргә дә күлэгәсе озын булып күренә. Терминатор янында Айның төнге ягында якты нокталар кабынып китүен бер сәгать буена телескоптан күзәтү бик кызыклы. Болар — Ай кратерлары валларының түбәләре. Караңгылыктан акрынлап якты дага — кратер валының бер өлеше калкып чыга, ләкин кратерның төбе әле тулы караңгылыкка күмелгән була, ниһаять, акрынлап бөтен



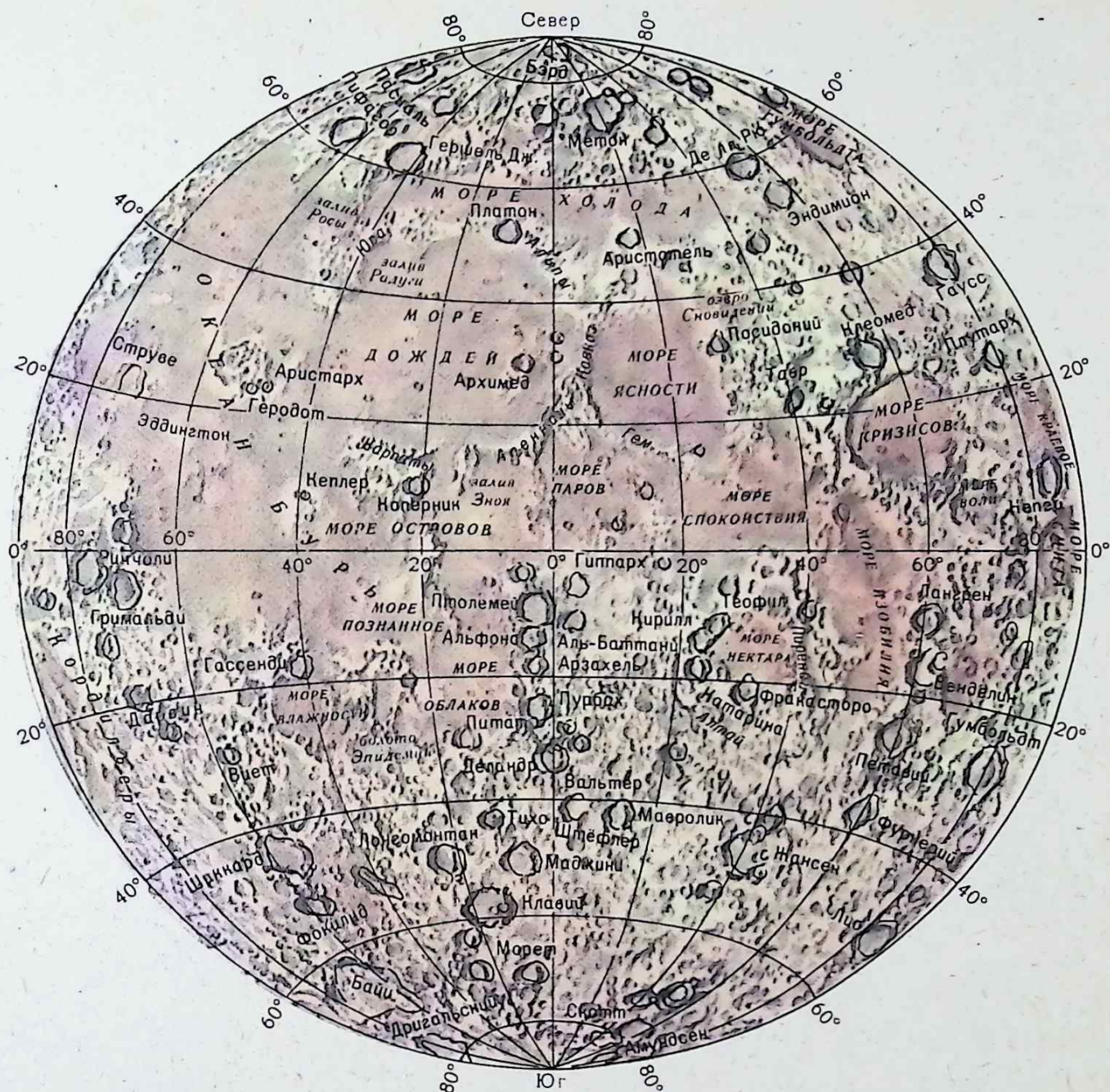
46. Вулкан газлары чыгуу күзәтелгән Альфонс циркы (автомат станция тарафыннан Ай өслегенә бик якин арадан төшереп алынган).

кратер күренә. Кратерлар никадәр кечерәк булса, аларның саны да шулкадәр күбрәк булуы яхшы күренә. Алар еш кына бер-бер артлы тезелеп китә һәм хәтта берсе икенчесе өстендә «утыра». Яшьрәк кратерлар картрак кратер валлары өстендә барлыкка килгән. Кратерның уртасында еш кына калкулык күренә — чынлыкта ул таулар төркеме (46 нчы рәсем). Кратер стеналары, эчкә таба киртләч-киртләч булып, текә казылып төшә. Кратерның төбе тирә-яктагы урынга караганда түбәнрәк ята.

Ай өслеге вак кратерлар — сөзәк чокырлар белән ергаланып беткән. Бу — өслеккә вак метеоритлар бәрелү нәтижәсе.

Белгәнәбезчә, Жирдән Айның бары тик бер ярымшары гына күренә (47 нче рәсем). 1959 елда совет космик станциясе, Ай яныннан үтеп, дөньяда беренче буларак, Айның Жирдән күренми торган ярымшарын рәсемгә төшереп алды. Принципта ул күренә торган ярымшардан аерылмый, ләкин анда «дингез» инкүлекләре азрак (48 нче рәсем). Айга жибәрелгән автомат станцияләр тарафыннан якин арадан төшереп алынган Айның күп санлы фоторәсемнәре нигезендә, бу ярымшарның тулы картасы төзелгән. Аппаратлар берничә мәртәбә аның өслегенә төштеләр. 1969 елда беренче тапкыр Американың ике астронавты космик аппаратта Ай өслегенә төште. Хәзерге вакытта АКШ астронавтарынан торган алты экспедиция, Ай өслегендә булып, Жиргә уңышлы әйләнеп кайттылар. Алар Ай өслегендә жәяү һәм хәтта махсус жайланмага утырып та йөрделәр, анда төрле аппаратлар, аерым алганда, «ай тетрәүләрен» регистрацияләү өчен сейсмограф куеп калдырдылар һәм Ай туфрагының үрнәкләрен алып кайттылар. Совет галимнәре Ай токымы пробасын аның төрле урыннарыннан Жирдән идарә ителә торган автоматлар ярдәмендә алып кайтарттылар.

Ай матдәләренең химик анализы Ай токымының Жирнеке



47. Айның Жиргә караган ярыйшарындагы иң зур детальләре күрсәтелгән схематик карта.

кебек күп төрле булмавын, ә составы ягыннан базальтка охшаш икәннен күрсәтте.

Айга луноходлар (үзйөрешле совет автоматик лабораторияләре) жиберелде. Алар, Ай өслеге буйлап шактый ара — берничә километр үтеп, күп кенә фәнни үлчәү эшләре башкардылар, туфракка анализ ясадылар. Ай өслегенен хәтта Жирдән тигез кебек күренгән урыннары да күп санлы буранкаларга бай һәм төрле зурлыктагы ташлар белән капланган. Жирдән радио буенча идарә ителә торган луноход «адым саен» урынның харак-



49. Коперник кратерындагы «үзөк калкулык», дорөсрөгө, тау төзмөлөрө һәм эчкә таба киртлөч-киртлөч булып казылып төшкөн валның бер олошо (кратер Айның ясалма иярчененнән төшөрөп алынган. Жирдөн караганда бу кратер Альфонс циркы кебек күрөнө).

легендә саклаган, чөнки су белән жил аның кабыгын жимерми. Ләкин Ай бөтенләй үк үлө дөнья түгел. 1958 елда совет астрономы Н. А. Козырев Альфонс кратерында Айның эчке катлауларыннан газ чыгуын күргән.

Айның ясалма иярчененнән төшөрөп алынган Коперник кратерындагы үзөк калкулык һәм эчке вал күренешен иҗттибар белән тикшерегез (49 нчы рәсем).

Ай рельефының барлыкка килүендә эчке көчләр дә, тышкы көчләр дә катнашкан булуы ихтимал. Монда тектоник һәм вулканик күренешләрнең дә роле булуда һич шик юк, чөнки Айда лава эзләре, кратер төзмәләре бар. Ай кратерлары Гавай утрауларындагы лава күлләренә охшаганнар. Ай дингезләренә килгәндә исә, алар Ай кабыгы эреп тишелүдән һәм өскә лава агып чыгудан барлыкка килгән булса кирәк. Шулай да Айда 2 млрд. елдан да яшәрәк токым табылмаган, бу анда магма һәм вулкан активлыгының күптән туктаганы турында сөйли.

Ай кратерларының күбесе метеоритлар, хәтта астероидлар бәрелүдән барлыкка килгән. Жирдә дә метеорит бәрелүдән барлыкка килгән кратерлар бар (97 нче битне карагыз).

Планеталар системасының кайбер башка жисемнәрендә, мәсәлән Марста һәм Меркурийда, табылган күп кенә кратерлар Ай кратерлары кебек барлыкка килгәнгә охшый. Кратерларның интенсив барлыкка килүе, мөгаен, атмосфераның метеорит төшү тизлеген киметә алмаслык сирәкләнгән булуына бәйләнгәндер.

15 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Жирдән күренгән йолдызлыктар Айдан да күренәме (аларның рәвеше шундый укмы)?
2. Ай түгәрәге читендә пычкы теше кебек булып 1" биеклектәге тау күренә. Аның биеклеген километрларда исәпләп чыгарыгыз.

9 НЧЫ БИРЕМ

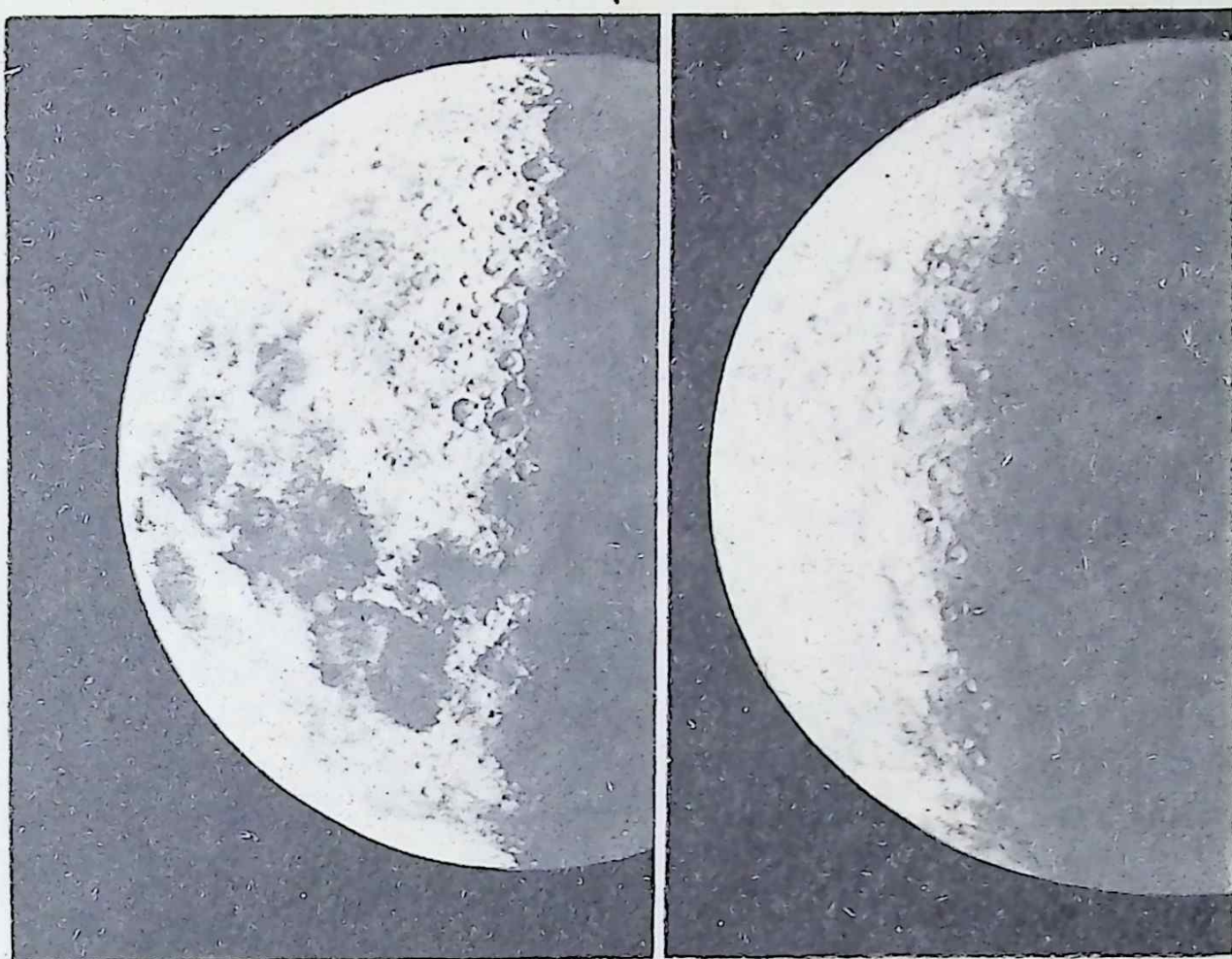
Айның Жирдән күренмә почмакча диаметры 30' чамасы, ә аңа кадәр ераклык 380 000 км икәне билгеле булганда, 47 нче рәсемнән Айдагы Альфонс циркының диаметрын үлчәп һәм формулалардан файдаланып (§ 12.4), аның диаметрын (километрларда) исәпләп чыгарыгыз.

18. ЖИР ТӨРКЕМЕНДӘГЕ ПЛАНЕТАЛАР

Жир төркемендәге планеталар — Меркурий, Венера, Жир һәм Марс гигант планеталардан күләнмәре һәм массалары кечерәк, тыгызлыктары зуррак, үз күчәрләре тирәсендә әкрәкрәк әйләнүләре, атмосфераларының шактый сирәк, иярченнәренен аз яки бөтенләй булмавы белән аерылып торалар.

Хәзерге вакытта бу төркемдәге планеталарны тикшерү (Ай шикелле үк) комплекслы рәвештә алып барыла. Ул астрономнарның гына түгел, башка өлкәдәге белгечләрнең: геолог, геофизик, топограф, радиоинженер һ. б. игътибарын җәлеп итә. Алар планеталарны өйрәнү өчен Жир шартларында яхшы сыналган һәм планета өслегенен төзелеше, атмосферасы турында ышанычлы мәгълүматлар бирерлек ысуллар кулланаалар.

1. Меркурий — Кояшка иң якын планета, Айдан аз гына зуррак, ләкин уртача тыгызлыгы Жирнеке кебек үк диярлек. Радиокүзәтүләр Меркурийның чиктән тыш әкрәк әйләнүен күрсәтте. Меркурийның йолдызча тәүлегенә, ягъни йолдызларга карата үз күчәре тирәсендә әйләнү периоды, безнең 58,65 тәүлегенә тигез. Бу планетада кояшча тәүлек (ягъни бер-бер артлы килгән төш вакытлары арасы) чама белән 176 Жир тәүлегенә тигез. Меркурийның тәүлегенә аның 2 елына тигез, чөнки Меркурий Кояш тирәсендә 88 Жир тәүлегендә әйләнәп чыга.



50. Бердәй фазадагы Ай белән Меркурийны чагыштыру: Ай — сулда, Меркурий — уңда (бу фоторәсемнәрнең масштабы бертөрлө түгел).

Меркурийда атмосфера юк. Шуңа күрә көндөзгә ярымшар бик нык кыза. Меркурийның нәкъ Қояш турысындагы ноктасында температураның 400°C тан артык булуы беленгән. Мөңдәй температурада кургаш, аккургаш, хәтта цинк та эри.

Меркурийда божрасыман таулар һәм кратерлар шулкадәр күп, фоторәсемдә планета өслөгән Ай өслөгәннән аерып та булмый (50 нче рәсем). Алар шулай ук нурларны кайтара алулары белән һәм өслөк катламнарының жылы үткәрүчәнлекләре белән дә бер-беренә охшаганнар. Ай «диңгезләренә» охшаган түбәнлекләрнең аз булуы — күренеп торган аермалыклардан санала. Диаметры 1300 км чамасы булган «Эсселек диңгезе» — иң зурларыннан берсе.

2. Венера — күләме һәм массасы буенча Жирдән аз гына кечерәк. Ломоносов һәм аның замандашлары ук Венераның атмосферасы барлыгын ачкан була. Ломоносов аның атмосферасы Жир атмосферасыннан тыгызрак булырга тиеш дип дәрәс уй-

лаған. Венера тоташ ак болытлар белән чолганып алынган. Алар радиодулкыннарны гына үткэрэлэр. Радиокүзэтүлэр ярдәмендә Венераның үз күчәре тирәсендә башка планеталар (Уран бу исәпкә керми) әйләнүенә һәм үзенә Кояш тирәсендәге хәрәкәтенә капма-каршы юнәлештә әйләнүе ачыкланды. Венерада ко-
яшча тәүлек 117 Жир тәүлегенә тигез.

Венера күчәренәң үз орбитасы яссылыгына авышлыгы туры почмакка якын, шулай булгач, төньяк һәм көньяк ярымшарларын Кояш тигез яктырта.

1961 елдан башлап Венерага совет автомат станцияләре жи-
бәрелә башлады. Кайбер станцияләрдән Венерага парашют бе-
лән аппаратлар төшерелде. Бу автомат приборлар төрле биек-
лектә Венера атмосферасының һәм өслегенәң характеристикала-
рын үлчәп, аларны радио буенча Жиргә тапшырып тордылар. Әлеге приборлар Венераның магнит кыры барлыгын сизмәделәр. Алар Венераның өслеге янында температура $470-480^{\circ}\text{C}$, ә ба-
сым 100 атмосферадан артыграк ($\approx 10^7$ Па) булуын күрсәтте-
ләр. Венера атмосферасы массасының 97% ы углекислый газдан
гыйбарәт, азот һәм инерт газлар берничә процент, кислород
0,1% чамасы, ә су парлары тагын да кимрәк булуы ачыкланды.

Венера атмосферасында яшен бушанулары күзәтелгән.

Венера атмосферасының түбән катлауларында һәм аның өс-
легендә температураның артык югары булуы күбесенчә «парник
эффекты» дип аталган күре-
нешкә бәйләнгән. Кояштан
килгән яктылык нурлары ат-
мосфераның түбән катлаула-
рында йотылалар да, инфра-
кызыл нурлар рәвешендә кире
кайтарылып, болыт катлавы
тарафыннан тоткарланалар.
Бу — парникның жылынуын
хәтерләтә. Венера өслегеннән
күтәрелгән саен температура
кими бара һәм стратосферада
салкынлык хөкем сөрә.

Күренмә нурларда Венера-
ның болытлары тулысынча бер-
төрле ак, ә ультрамиләүшә нур-
ларда болытларның катлам-

51. Болытлар белән чолганып алынган Венераның фоторәсеме (космик станция төшереп алган).



катлам булуы ачык күренә (51 нче рәсем). Бу аның атмосфера-сының югары катлауларында көчле газ агышлары барлыгы турында сөйли. Атмосфераның түбән катлауларында секундына бары тик берничә метр гына булган жыл тизлегә 50 км чамасы биеклектә 60 м/с ка җитә. Венераның болытлары аша (алар сульфат кислотасы белән башка химик кушылмаларның аз гына катнашмасыннан тора булса кирәк) планетаның өслеге күренми. Җирдән, шулай ук планетаара автомат станцияләрдән үткәрелгән радиолокацион тикшеренүләр Венера өслеге рельефын өйрәнәргә мөмкинлек бирде. Планета өслегендә тау тизмәләре һәм кратерлар табылды.

Венера өслеге токымнарындагы радиоактив калий, уран һәм торий составының анализы аларның Җирдәге базальт токымнарына охшаш икәннен күрсәтте.

Планета өслегенә төшерелгән совет автомат станцияләренен телевизион камералары Җиргә тереклегә булмаган ташлы урынның панорамаларын тапшырдылар (1975 нче елда «Венера-9 һәм -10» — ак-кара рәсем, 1982 нче елда «Венера-13 һәм -14» — төсле рәсем тапшырдылар). Венера атмосферасы һава шарларына куелган фәнни аппаратуралар ярдәмендә өйрәнелде. Һава шарларын планетага совет станцияләре, мәсәлән, 1986 елда Венера белән Галлей кометасын якыннан өйрәнү өчен җибәрелгән «Вега-1» һәм «Вега-2» станцияләре белән илтте (исеме Ве(нера) белән Га(ллей) дан алынган).

Ни өчен күләме һәм массасы ягыннан Җиргә бик охшаган планета үзенә үсеш дәверендә бик күп характеристикалары белән безнең планетадан шактый нык аерыла башлаган? Күрәсең, бу сорауга киләчәктәге тикшеренүләр генә җавап бирә алыр.

Күрше ике планетаның табигатендә җитди аерымлыklar булуга карамастан, Венерадагы атмосфера процессларын тикшерү Җир метеорологиясе мәсьәләләрен чишү өчен файдалы нәтиҗәләр бирә.

3. Марс. Марсның диаметры Җирнекәннән ике тапкыр кечерәк. Орбитасының эксцентриситеты шактый зур, шуңа күрә Марс, перигелий янында каршыда торышта булганда яктырышы буенча Венерадан гына калышып, күк йөзендә балкып тора. Мондый иң якын кара-каршы торышлар 15 яки 17 ел үткән саен кабатлана.

Марсның елы Җир елыннан ике тапкыр диярлек озынрак. Анда да ел вакытлары алышынып тора, чөнки Марсның тәүлек-



Венера өслегенен панорамасы (Жиргә «Венера-14» автомат станциясеннән тапшырылган).

лек әйләнү күчәренен авышлыгы Жирнеке кебек үк диярлек.

Мәктәп телескобыннан Марста ак поляр бүреклярне, марсиан «чүлләренен» гомуми кызгылт-сары фонында кара тапларны («диңгезләр»не) күрергә була.

Марс тирәсендәге орбитага чыгарылган автомат станция-лабораторияләр Жирдән бирелгән команда буенча планета өслеген фоторәсемгә төшерделәр, атмосферасын өйрәнделәр. Марста атмосфера барлыгы күптән билгеле. Планетаның атмосферасы бик сирәк, аның басымы жирнекеннән 100 тапкыр диярлек кимрәк булып чыкты. Атмосфера, нигездә, углекислый газдан тора. Анда кислород һәм су парлары чиктән тыш аз.

Марста шартлар бик кырыс. Хәтта экваторда да жәен температура 0°C ка сирәк күтәрелә, ә төнен чатнама суыклар (-70° ; -100°C) була. Марста температураның тәүлеклек үзгәреше $80-100^{\circ}\text{C}$ ка житә.

? *Ни өчен Марста температураның бер тәүлектәге тирбәнешләре Жирдәгегә караганда кискенрәк?*

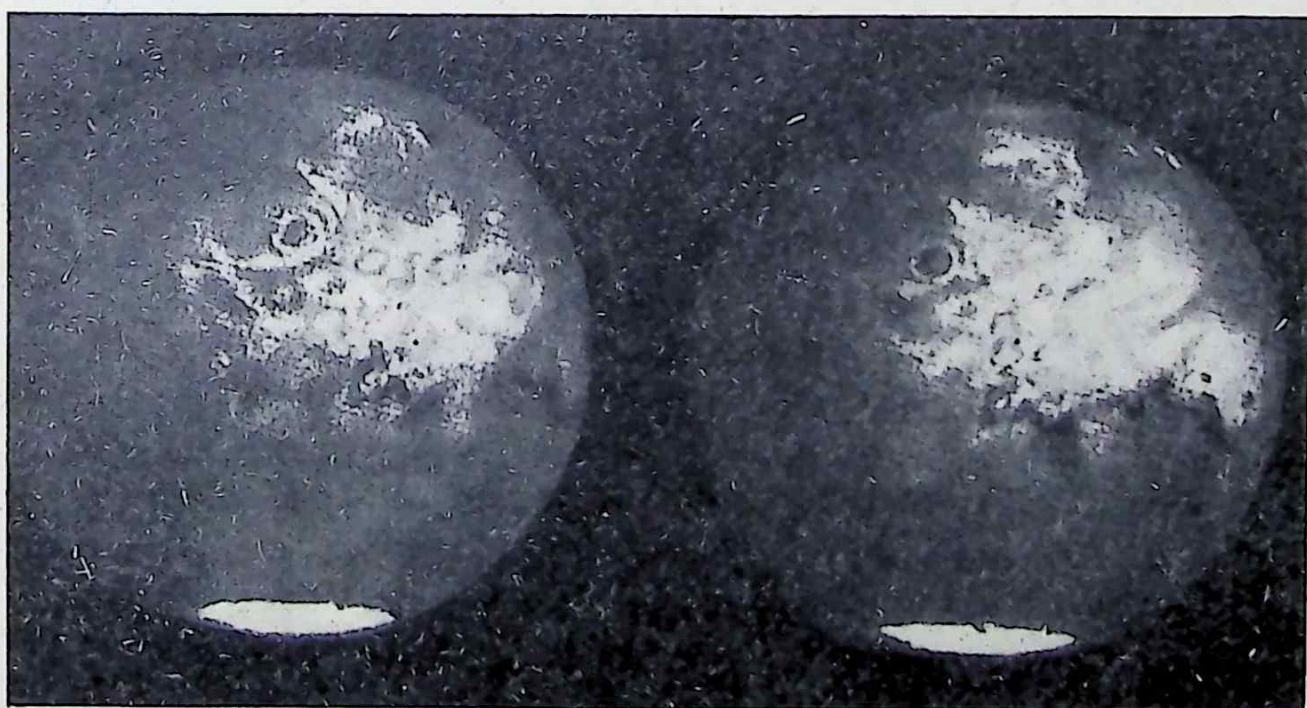
Бигрәк тә полюсларда салкын (-130°C ка житә). Мондый шартларда су гына түгел, углекислый газ да ката. Шулар инде полюсларда яхшы күренә торган ак катламны барлыкка китерәләр, ләкин андый катламнар планетаның башка өлешләрендә дә бар.

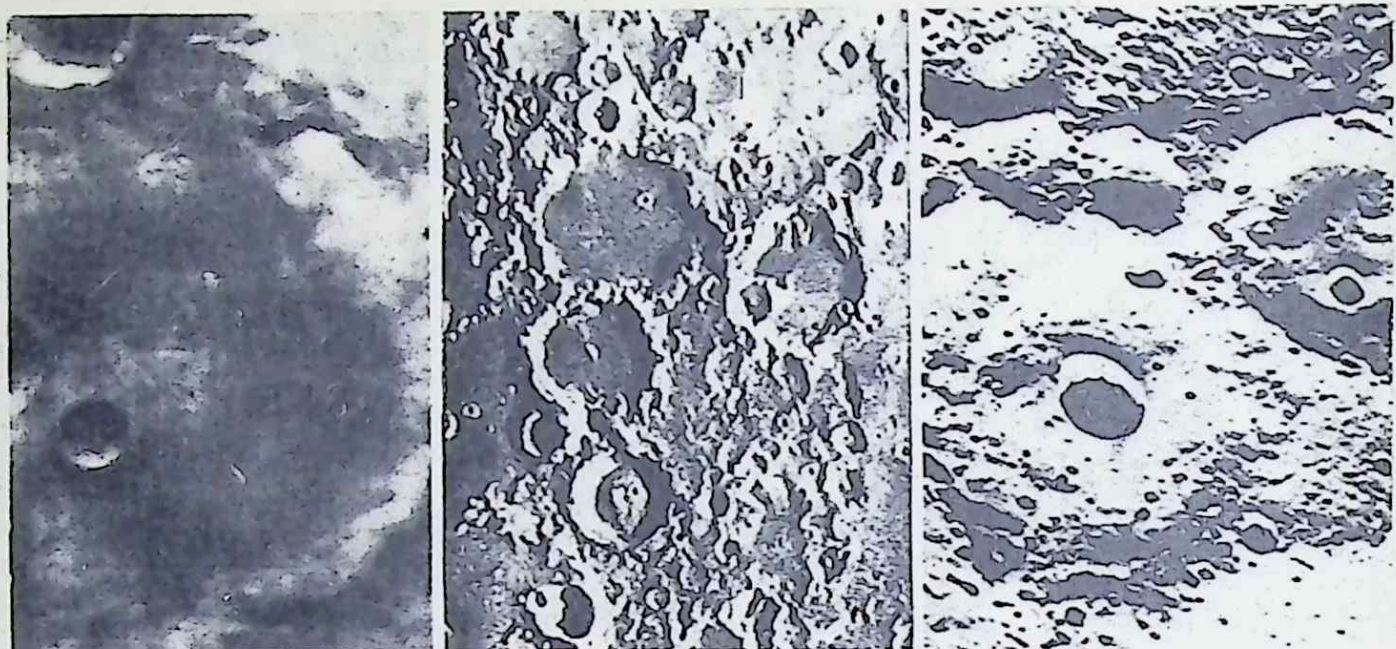


Марс атмосферасында (Венерадан аермалы буларак) аратирэ генэ, ешрак поляр бүреклар өстендэ, сирэк кенэ ак болытлар һәм томан күзәтергә була.

Сирэк кенэ Марста көчле тузан давыллары күзәтелә, алар кайчагында айлар буге дәвам итә һәм һавага гаять күп микъдарда тузан бөртекләре күтәрелә. Шулай итеп, Марска тулысынча кызгылт сары төс бирүче ком чүлләренең булуы раслана. Ту-

Марсның 450 000 км ераклыктан төшереп алынган фоторәсеме.





52. Марстагы, Айдагы һәм Меркурийдагы кратерларны чагыштыру (суядан уңга таба).

зан давылларына караганда, Марста тизлеге секундына уннарча метрга житә торган көчле жыллар булырга тиеш.

Марс өслегенә берничә космик аппарат төшерелде. Планетаның төрле ераклыктан төшерелгән меңләгән фоторәсеме алынды. Шул фоторәсемнәр нигезендә Марс өслегенә тулы картасы төзелде.

Марсны, Ай белән Меркурий кебек үк, кратерлар каплап алган (52 нче рәсем). Марс кратерларының формасы өслегенә жил тәэсирендә ашалып тигезләнә баруын күрсәтә. Марста гаять зур, күрәсең күптән сүнгән, берничә вулкан табылган. Аларның иң зурысының биеклегә 27 км тәшкил итә. Планета өслегенә кайбер өлкәләре арасында биеклекләр аермасы Жирдәге кебек үк шактый зур. Марста каньоннар табылган, алар зурлыклары һәм формалары белән Жирдәге кипкән елгаларны хәтерләтә.

Планета өслегенә төшерелгән автомат станцияләр тарафынан Марстагы токымнарغا тикшерү үткәрелгән. Тикшеренүләр токымнарының Жирдәгегә һәм Айдагыга охшаганлыгы турында нәтижә ясарга, ә кызгылт төснәң тимер оксиды гидратлары булу белән аңлатырга мөмкинлек бирделәр.

Марсның магнит кыры Жирнекеннән көчсезрәк.

Органик кушылмаларны, тере организмнарны (бактерияләр рәвешендә генә булса да) ачыклау буенча космик автомат «Викинг-1 һәм-2» аппаратлары ярдәмендә үткәрелгән биологик экспериментлар уңай нәтижә бирмәделәр.

16 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Жирдән телескоп аша караганда Ай өслегендәге 1 км зурлыктагы предметлар күренә торган булса, каршыда торыш вакытында (55 млн. км ераклыкта) Марста күренә торган предметлар иң кимендә нинди зурлыкта булырга тиеш?
2. Марстан күзәткәндә Кояшның почмакча диаметры күпмегә тигез булыр иде?

19. ГИГАНТ ПЛАНЕТАЛАР

1. Гигант планеталарның үзенчәлекләре. Дүрт гигант планетадан иң зурысы, безгә һәм Кояшка иң якыны Юпитер барынан да яхшырак өйрәнелгән. Юпитерның әйләнү күчәре аның орбита яссылыгына перпендикуляр диярлек, шуңа күрә анда ел вакытлары алышынмый.

Барлык гигант планеталар үз күчәрләре тирәсендә шактый тиз әйләнәләр, ә аларның тыгызлыклары кечкенә. Шуңа күрә алар шактый нык яньчелгән.

Барлык гигант планеталар калын атмосфера катлавы белән чолганып алынган. Без планеталарның экваторына параллель рәвештә буй-буй сузылган йөзеп йөрүче болытларны гына күрәбез.

У кушымтадан файдаланып, Жир һәм Юпитерның экваторларында әйләнү тизлекләренең сызыкча һәм почмакча кыйммәтләрен табыгыз. !

Юпитердагы болыт полосалары бик үк көчле булмаган телескоп аша да ачык күренә (форзацны карагыз). Юпитер зоналап әйләнә, полюска якынлашкан саен аның хәрәкәте әкрәнә. Экваторда аның әйләнү периоды 9 сәг 50 мин, ә урта киңлекләрдә берничә минутка артыграк. Башка гигант планеталар да шуңа охшаш әйләнә.

Гигант планеталар Кояштан бик ерак булу сәбәпле, аларның температуралары (һәрхәлдә, аларның болытлары өстендә) бик түбән. Юпитерда — 145°C , Сатурнда — 180°C , ә Уран белән Нептунда тагын да түбәнрәк.

Гигант планеталарның атмосфералары, нигездә, молекуляр водородтан тора, анда метан CH_4 бар һәм гелий бик күп булса кирәк, ә Юпитер белән Сатурнның атмосферасында тагын аммиак NH_3 тә бар. Ераграк планеталарның спектрында NH_3

сызыкларының юклығы анда аммиакның каты хәлдә булуы белән аңлатыла. Түбән температурада аммиак конденсацияләнә. Юпитердагы күренмә болытларның шундый аммиактан торулары ихтимал.

?

Планеталардагы болытларның химик составы бик төрле. Бу болытларның уртак үзлекләре нинди? Аларның төрле планеталарда барлыкка килүләре нинди процессларга нигезләнә?

Атмосфераның болытларны һәм аның белән янәшәдәге башка катламнарны да эләктереп алган көчле хәрәкәтләре даими булып торалар. Аерым алганда, Юпитерда 300 елдан бирле күзәтелә торган атаклы Кызыл тап шундый атмосфера «давылы» булып тора.

Төрле планеталарның атмосфераларындагы процессларны өйрәнү Жир метеорологиясе һәм климатологиясенә дә ярдәм итә. Водород һәм гелийдан торган зур планеталарның теоретик модели төзелгән. Юпитерның эчке төзелеше моделен исәпләүләрдән күренгәнчә, үзәккә якынлашкан саен водород эзлекле рәвештә газ, газлы сыек һәм сыек фазаларны үтәргә тиеш. Планетаның үзәгендә температура берничә мең кельвинга җитәргә мөмкин. Анда металл, силикат һәм металл фазадагы водородтан торган сыек төш урнашкан. Водород 10^{11} Па басым булганда металл фазасына керә. 1975 елда водородның металл фазасын эксперимент юлы белән Жирдә дә табып булды. Бу — гигант планеталарының эчке төзелешен теориягә генә нигезләнәп исәпләүләренң дөрөсләгән раслый.

Магнит кыры булу аркасында, Юпитерның, Жирнеке кебек үк, радиация пояслары да бар, ләкин алар Жирдәгедән шактый көчлерәк. Аның магнит сферасы миллион километрларга сузылган, дүрт зур иярченен дә чолгап алган. Юпитер радионурланыш чыганагы булып тора. Космик аппаратлар анда көчле яшен яшәнәүләрен язып алдылар.

Планеталар турындагы калган мәгълүматлардан Уранның, Венера кебек үк, үз күчәре тирәсендә башка барлык планеталарга капма-каршы юнәлештә әйләнүе игътибарга лаек. Шунның өстенә, ул яны белән ятып әйләнә дияргә була. Шуңа күрә бер ел эчендә планета өслеген яктырту шартлары бик кискен үзгәрә.

Иң ерак планета Плутон — гигант планета түгел. Ул — зур булмаган, бик аз өйрәнелгән салкын планета. Анда ел якынча 250 Жир елына тигез.



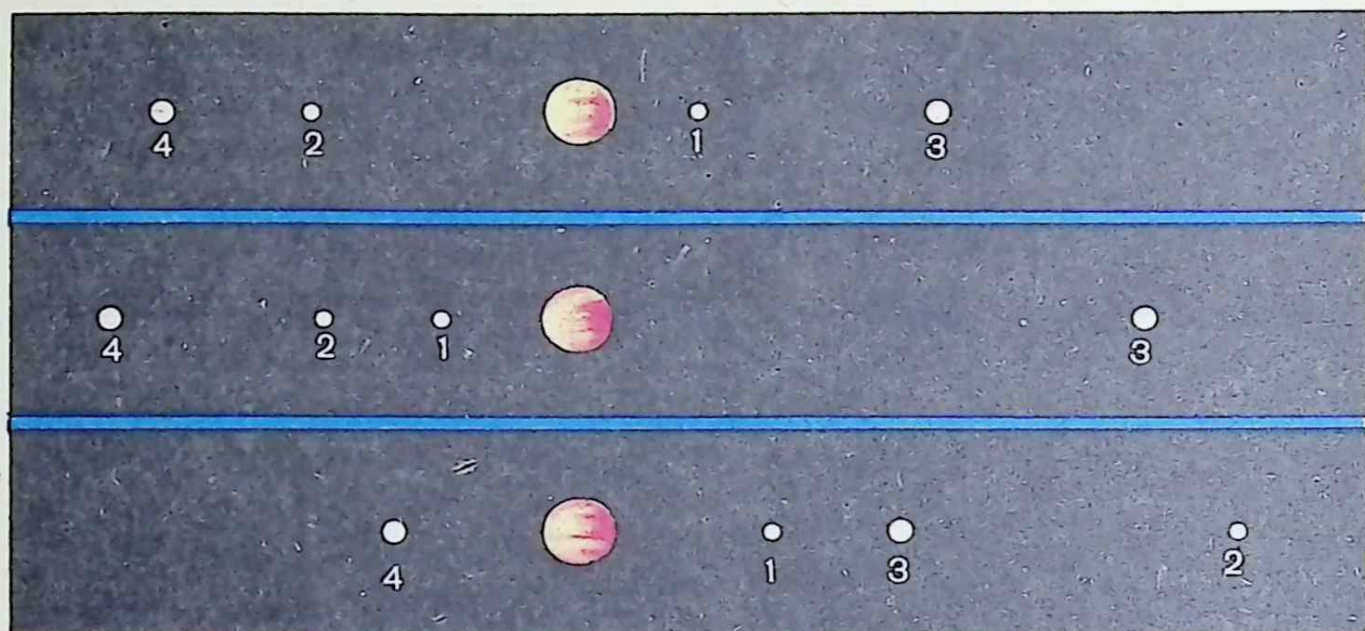
53. Марсның иярченнәре: а — Деймос, б — Фобос.

2. Планеталарның иярченнәре һәм божралары. Меркурий белән Венераның иярченнәре юк. Жирнең бердәнбер табигый иярчене — Ай. Ул диаметры буенча Жирдән 4 мәртәбә генә кечерәк. Плутонның үзеннән үлчәме белән бары тик ике тапкыр гына кечкенәрәк табигый иярчене барлыгы билгеле булды. Ул Харон дип атала. Марсның ике иярчене бар: Фобос белән Деймос (53 нче рәсем). Калган планеталарның иярченнәре күп, ләкин алар үзләренең планеталарынан чагыштыргысыз дәрәжәдә кечкенә. Гигант планеталар яныннан очып үтүче һәр космик аппарат планеталарның әлегә кадәр билгеле булмаган кечкенә иярченнәрен ача. Мәсәлән, соңгы вакытта Уранның тагын 8 иярчене барлыгы беленде.

Таблица буенча (V кушымта) иң күп иярченле планеталарны табыгыз. !

Иярченнәрдән иң зурлары: Титан (Сатурнның иярчене) һәм Ганимед (Юпитерның өченче иярчене). Алар диаметрлары буенча Айдан 1,5 тапкыр зур һәм Меркурийдан да берәз зуррак. Титан — калын атмосфералы бердәнбер иярчен. Аның атмосферасы, нигездә, азоттан тора.

Планетаара автомат станцияләр ярдәмендә якын арадан Марс иярченнәренең һәм гигант планеталарның күп кенә иярченнәренең рәсемнәрен төшереп алырга мөмкин булды. Ул рәсемнәрдә өслектәге күп санлы аерым детальләр: кратерлар, ярылган урыннар, аерым тигезсез урыннар бик ачык күренә. Юпитер һәм

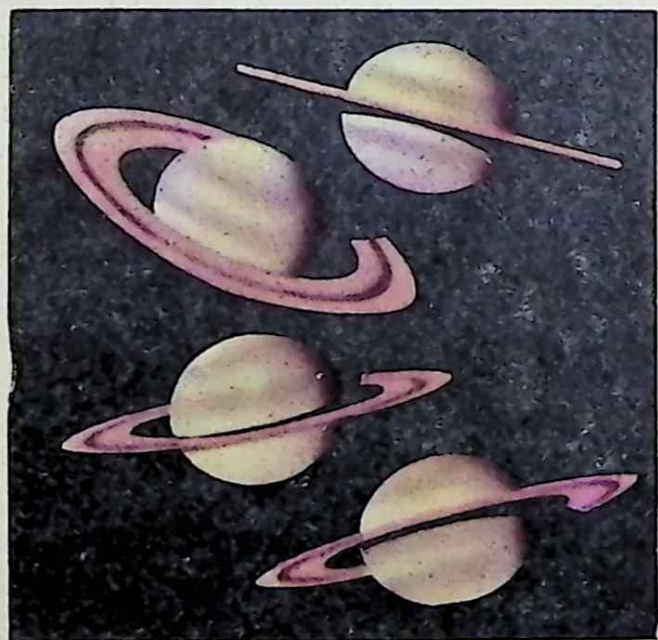


54. Юпитерның төп дүрт иярчененең өч көн эчендә торышы үзгөрү күренеше.

тагың да ераграк планета иярченнәренең өслекләре уннарча километр калынлыктагы тузанлы боз катлавы белән капланган. Юпитерның иярчене *Иодан* хәрәкәттәге берничә вулканның рәсеме төшереп алынды. Барлык иярченнәр дә, шул исәптән Марсның 20 км чамасы үлчәмле иярчене кебек бик кечкенә булганнары да, башлыча метеоритлар бәрелүдән ясалган кратерлар белән капланган булып чыкты (53 нче рәсем).

Күп кенә иярченнәр, Ай кебек, үзләренең планеталарына һәрвакыт бер үк яклары белән борылганнар. Аларның йолдызча әйләнү периодлары үз планеталары тирәсендә әйләнү периодларына тигез.

55. Сатурн божрасының күренеше үзгөрү.



Юпитерның иң зур дүрт иярченен кайвакыт хәтта призмалы бинокль аша да күрергә мөмкин. Берничә сәгать буена телескоп аша күзәткәндә, иярченнәренң сизелерлек дәрәжәдә хәрәкәт итеп, кайвакыт Юпитер белән Жир арасыннан үтүен, ә кайчагында Юпитер дискисы артына китеп югалуын яки аның күлэгәсенә ке-

реп тотылуын күзәтергә мөмкин (54 нче рәсем). Ремер XVII гасырда, бу иярченнәрнең тотылуын күзәтеп, яктылык таралу тизлегенен чиге булуын ачкан һәм бу тизлекнең санча кыйммәтен исәпләп чыгарган.

Күп кенә иярченнәрнең хәрәкәтләре бик кызыклы: мәсәлән, *Фобос* Марс тирәсендә, планетаның үз күчәре тирәсендәгә хәрәкәтенә караганда, өч тапкыр тизрәк әйләнә. Шуңа күрә Марстагы күзәтүче аның көнбатышта тәүлеккә ике тапкыр калкуын һәм, күк йөзеннән йолдызларның тәүлеклек әйләнешенә каршы узып, барлык фазаларын ике тапкыр алмаштырганын күрер иде. Марсның иярченнәре аның өслегенә бик якын торалар. *Фобос* Марс өслегенә планета диаметрыннан да якынрак тора.

Юпитер белән Сатурнның ерак иярченнәре бик кечкенә һәм дәрәжә формада түгел, аларның кайберләре планетаның үз күчәре тирәсендәгә хәрәкәтенә капма-каршы юнәлештә әйләнә. Уран иярченнәренең орбита яссылыгы планета экваторы яссылыгына якын тора, шулай булгач, планетаның орбита яссылыгына перпендикуляр диярлек.

Гигант планеталар күп санлы иярченнәре булу белән генә түгел, божралары булу белән аерылып торалар. Ләкин Жирдән телескоп белән караганда, Сатурнны чолгап алган йөз метр чамасы калынлыктагы якты божраны гына күрергә була (китапның тышлыгын карагыз). Ул Сатурнның орбита яссылыгы белән 27° ясап авышкан экватор яссылыгына урнашкан. Шуңа күрә Сатурнның *Кояш* тирәсендә 30 еллык әйләнү дәверендә аның божрасы я безгә шактый жәенке булып, я нәкъ яны белән торгандай күренә, ул вакытта аны зур телескоплардан да күрәләр булмый (55 нче рәсем). Ул божраның кинлегә Жир диаметрыннан берничә тапкыр зуррак.

Рус галиме А. А. *Белопольский* (1854—1934) божраның спектрын өйрәнеп, Сатурнның божрасы тоташ түгел, ул бик күп вак кисәкчекләрдән торырга тиеш дигән теоретик нәтижәне раслый. Ул спектр буенча, Доплер эффектыннан файдаланып, божраның эчке өлешләренен тышкы өлешләренә караганда тизрәк әйләнүен ачыклады. Бу Кеплерның III законына туры килә.

Сатурнга жиһәрелгән автоматик станцияләр тапшырган фоторәсемнәрдән күренгәнчә, божра йөзләгән аерым тар «божралардан тора». Алар бер-берсеннән караңгы аралыклар белән аерылганнар. Божраларның мондый структурасы божраның хәсил итүче матдә кисәкчекләренен хәрәкәтенә планетаның күп



А. А. Белопольский (1854—1934).
Совет астрономы, астрономик
объектларны спектраль анализ
ярдәмендә тикшерүләрнең хәзерге
заман методларына нигез салучы.
Доплер эффектны эксперимент
ярдәмендә раслады, күп
йолдызларның нур буенча
тизлекләрен исәпләде. Сатурн
божраларының әйләнүен тикшереп,
аларның вак космик жисемнөрдән
торуын исбат итте.

тар божралар булуы ачыкланды. Алар яктырышлары белән Са-
турн божраларыннан күп калыша. Зур планеталар тирәсендә
божралар булуын совет галиме С. К. *Всехсвятский* алдан әйт-
кән була.

санлы иярченнәренә гравита-
цион тәэсире белән бәйләнгән
дип уйланыла.

Сатурнның божралары си-
стемасы планетаның нинди дә
булса бер иярченнәнең кайчан-
дыр жиңмерелүе (мәсәлән, баш-
ка иярченнәр яки астероид
белән бәрелүе нәтижәсендә)
барлыкка килгән, яки бик күп-
тән, Сатурнның иярченнәре ха-
сил булганда, күтәрелешләр
тәэсирендә аерым иярчен бу-
лып «жыела» алмаган матдә
калдыклары булырга тиеш.

Марсның иярченнәре, гигант
планеталарның ерактагы кеч-
кенә иярченнәре астероидлар
булган, күрәсен, һәм аларны
бу планеталар тарту-көче тәэ-
сирендә эләктереп алганнар
булса кирәк.

Күптән түгел Уран һәм Юпи-
тер тирәсендә дә бик тонык һәм

Планеталар турында сөйләргә хәзерләнгәндә, V кушымтада бирелгән
мәгълүматлардан файдаланыгыз һәм түбәндәге планга таянып эш итегез:

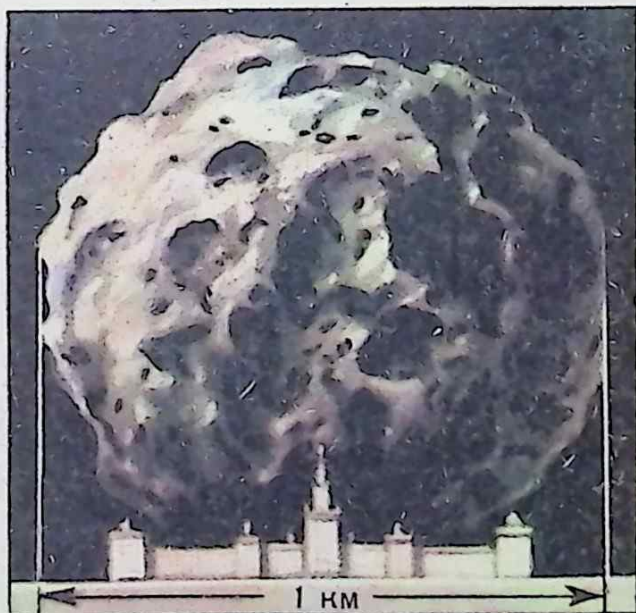
1. Планета кергән төркем. Ул төркемнең үзенә генә хас үзенчәлекләре.
2. Планетаның күләме, массасы.
3. Планетаның Кояштан ераклыгы.
4. Аның үз күчәре тирәсендә һәм орбитасы буенча әйләнү периодлары.
5. Атмосферасының характеристикасы.
6. Температура шартлары.
7. Рельефы (Жир төркемендәге планеталар өчен).
8. Иярченнәренә саны һәм характеристикасы.

20. ҚОЯШ СИСТЕМАСЫНДАГЫ КЕЧКЕНӘ ЖИСЕМНӘР

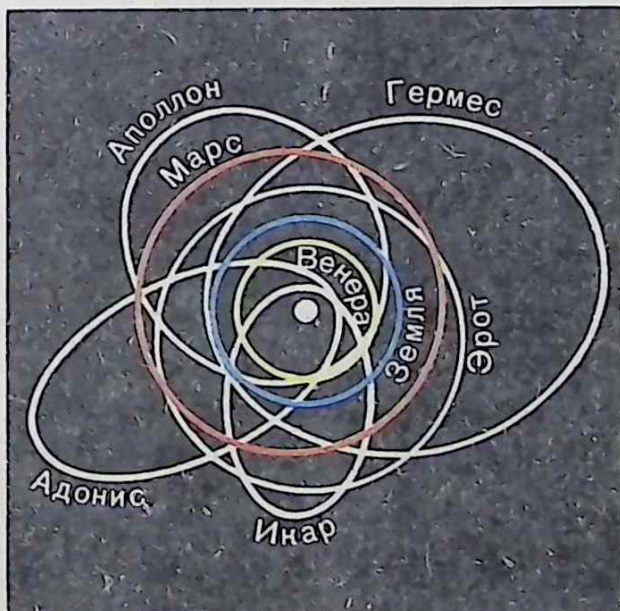
1. Астероидлар. Кечкенә планеталар, яғни астероидлар, нигездә, Марс белән Юпитер орбиталары арасында әйләнеп йөриләр һәм аларны гади күз белән генә күреп булмый. Беренче кечкенә планетаны 1801 елда ачканнар, һәм аны гадәт буенча *Церера* (грек-рим мифологиясендәге исемнәрнең берсе) дип атаганнар. Озак та үтми, башка кечкенә планеталар да — *Паллада*, *Веста*, *Юнона* табылды. Фоторәсемгә алу ысулынан файдалана башлагач, тагын да тоныграк күренгән астероидларны күбрәк ача башладылар. Хәзерге вакытта 3000 нән күбрәк астероид билгелә. Астероидлар миллиард еллар буена бер-берсе белән бәрелешеп торалар. Күп кенә астероидларның шар формасында түгел, бәлки төрле формада булулары да шул ук факторга китерә. Астероидларның тулай массасы Жир массасының 0,1 өлеше кадәр генә.

Иң якты астероид — *Веста*, аның яктылыгы алтынчы йолдызча зурлыктан артмый. Иң зур астероид — *Церера*. Аның диаметры 800 км чамасы һәм Марс орбитасы артында хәтта бик көчле телескоптан караганда да шундый кечкенә дискта берни дә күреп булмый. Билгеле булган иң кечкенә астероидларның диаметры бер километр чамасы гына (56 нчы рәсем). Астероидларда атмосфера юк, әлбәттә. Күк йөзөндә кечкенә планеталар

56. Билгеле булган астероидлардан иң кечкенәсенең зурлыгын МДУ бинасы белән чагыштыру.

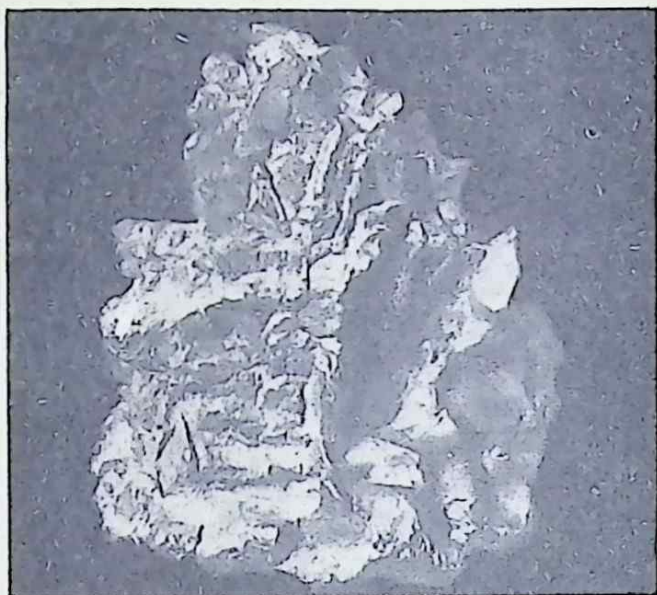


57. Орбиталарының эксцентриситеты зур булган кайбер астероидларның орбиталары.





58. Болидның очышы.



59. Тимөр метеорит.

Йолдыз кебек күренә, шуңа күрә аларны астероидлар дип атайлар, бу борынғы грек телендә «йолдызсыманнар» дигәнне аңлата. Йолдызлы күк йөзөндә аларга, планеталардагы кебек үк, элмәксыман хәрәкәт хас. Кайбер астероид орбиталарының эксцентриситетлары гадәттән тыш зур була, шунлыктан алар үзләренең перигелиендә Кояшка, Марс һәм Жиргә караганда (57 нче рәсем), ә *Икар* Меркурийга караганда якынарак килә. 1968 елда Икар Жиргә 10 млн. километрдан да якынарак килде. Ләкин аның тарту көче бик кечкенә булу сәбәпле, ул Жиргә берничек тә тәэсир итә алмады. Кайвакыт Гермес, Эрот һәм башка вак планеталар да Жиргә бик якин килә.

Яңа астероидларны һәр елны ачып торалар. Планетаны беренче ачкан кеше шул планетага исем сайлау хокукына ия. Аңары ул исем халыкара комитетта раслана. Астероидларга күбрәк танылган галим, герой, сәнгать эшлеклесең исеме бирелә. Мәсәлән, 1978 елда ачылган астероидка соңрак шушы дәрәжәнең авторы хөрмәтенә *Воронвельий* дигән исем бирелгән.

2. Болидлар һәм метеоритлар. Күктә очып баручы ут шары болид дип атала (58 нче рәсем). Бу шактый сирәк күренеш. Бу күренеш атмосфераның тыгыз катлауларына зур метеорит жисемнәр дип аталган катыкисәкчеләрнең үтеп керүе аркасында килеп чыга. Әлегә кисәкчеләр атмосферада тоткарланып жылынганда аерылып чыккан кызган газ сүрүе белән чолганып алынган була. Еш кына болидларның почмакча күренмә диаметрлары була һәм аны хәтта көндөз дә күрергә мөмкин.

Юк-барга ышанучы кешеләр мондый ут шарларын авызынан ут чәчеп очучы аждаһалар дип уйлаганнар. Һаваның көчле каршылыгы аркасында метеорит еш кына таркала һәм, шартлап, Жиргә вак кискәчкеләр булып төшә. Жиргә төшкән мондый жисем метеорит дип атала.

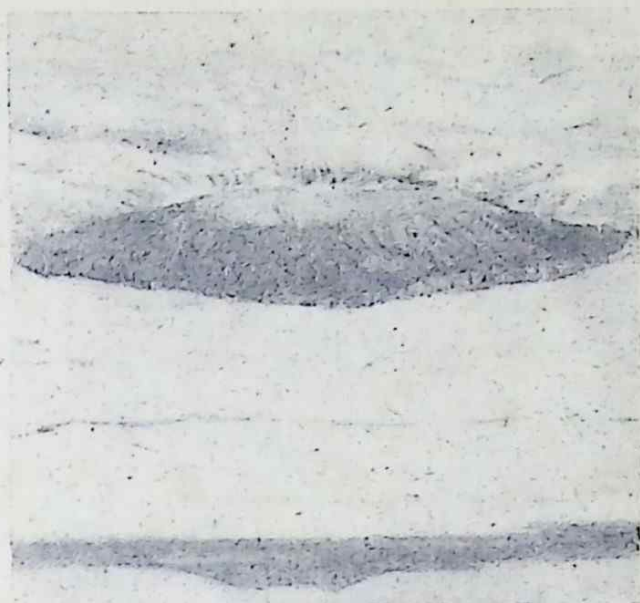
Үлчәмнәре кечкенәрәк булган метеор жисем кайвакытта Жир атмосферасында, тулысынча парга әйләнеп бетә. Күпчелек очракларда метеоритларның массасы очкан ва-

кытта бик нык кими. Жиргә, гадәттә, һава каршылыгы белән космик тизлеге кимегәннән соң суынырга өлгергән метеорит калдыклары гына килеп житә. Кайвакыт метеоритлар яңгыры ява. Очкан вақытта метеоритларның тышкы ягы эри дә аларның өсте кара кабык белән каплана. Шундый бер «кара таш» Мәккә шәһәрендә гыйбадәтханә стенасы эченә куелган, диндар кешеләр аңа табыну әйбере итеп карыйлар.

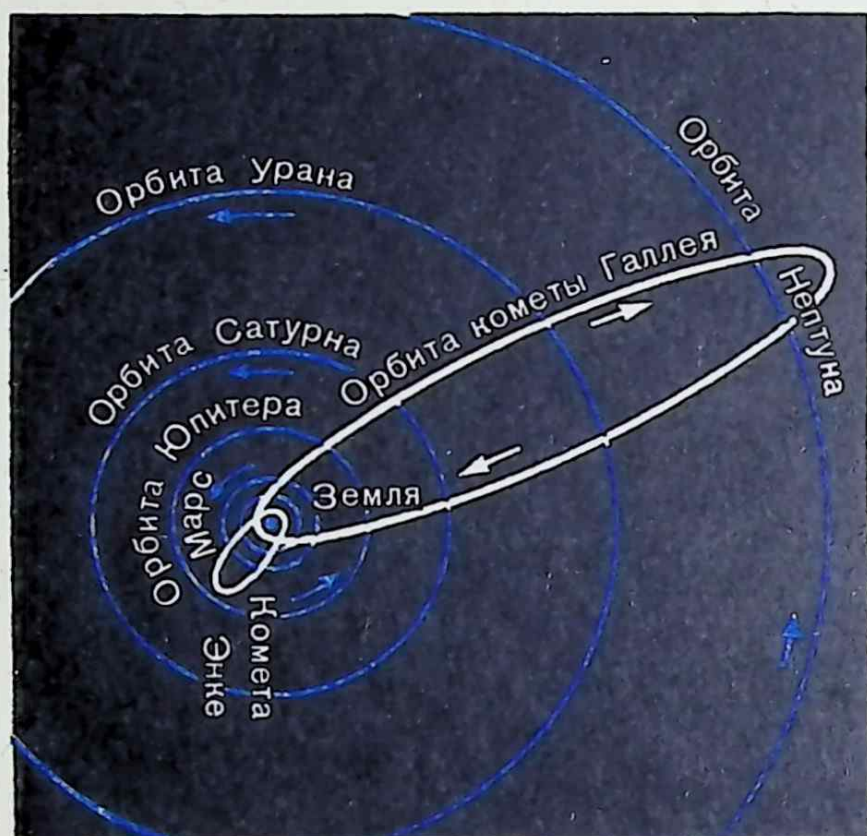
Өч төрле метеорит билгелә: *таш*, *тимер*, (59 нчы рәсем) һәм *тимер-таш*. Кайвакыт метеоритларны төшкәннән соң бик күп еллар үткәч кенә табалар. Күбрәк тимер метеоритлар табыла. СССРда метеорит дәүләт милке булып исәпләнә һәм ул өйрәнү өчен гыйльми учреждениеләргә тапшырылырга тиеш. Метеориттагы радиоактив элементлар һәм кургаш микъдары буенча анын яшен исәпләп чыгаралар. Ул төрлечә була, ләкин аларның иң борынгыларына да 4,5 млрд. яшь.

Кайбер иң зур метеоритлар зур тизлек белән төшөп шартлый һәм Ай кратерларына охшаган метеорит кратерлары хасил итә. Яхшы сакланган иң зур кратер Аризонада (АКШ) (60 нчы рәсем). Аның диаметры 1200 м һәм тирәнлегә 200 м. Бу кратер моннан 5000 ел чамасы элек барлыкка килгән булса кирәк. Тагын да зуррак һәм борынгырак метеорит кратерларының эзләре табылган. Барлык метеоритлар — Кояш системасының членнары.

Марс орбитасын кисеп үтүче шактый күп вак астероидлар



60. Аризона метеоритының кратеры.



61. Галлей һәм Энке кометаларының орбиталары.

Галлей кометасы (1986 елның январе). Кояшның магнит кырындагы Кояш жилә тәэсирендә койрыгының сынуы күренә. (Казахстан обсерваториясенең биек тауда (2800 м биеклектә) урнашкан станциясеннән төшереп алынган.)



билгеле булудан чыгып, метеоритларны орбиталары Жир орбитасын кисеп үтүче астероидларның калдыклары дип тә уйларга мөмкин. Кайбер метеоритларның структурасы аларның югары температураларга һәм басымнарга дучар булуын һәм, димәк, жимерелгән планетаның яки зур астероидның эчендә яткан булырга мөмкин икәнлеген раслый.

Метеоритлар составында минераллар Жирдәге тау токымнарындагыга караганда шактый аз табылган. Бу метеорит матдәсенен примитив характерда булуын раслый. Ләкин метеоритлар составында булган күп минераллар Жирдә очрамый. Мәсәлән, таш метеоритларда йомры бөртекләр — хондралар бар. Аларның химик составы Кояш составы белән бердәй диярлек. Бу борынгырак матдә Кояш системасына

көргөн планеталарның башлангыч чорда ничек формалашуу турында мәгълүматлар бирә.

3. Кометалар. Кометаларны ачу һәм аларның хәрәкәте. Кометалар Кояштан еракта чакта уртасында төше булган беленер-беленмәс кенә якты тап рәвешендә күренә. Кояшка бик якын үтә торган кайбер кометалар гына Кояшка якынлашканда бик нык яктырып, аларда «койрык» барлыкка килә. Кометаның Жирдән ничек күренүе шулай ук аңа кадәр булган ераклыкка, Кояштан почмакча ераклыкка, Ай яктылыгына һ. б. бәйле. Зур кометалар — аксыл төстәге озын койрыклы томан рәвешендәге яктырткычлар — сугыш һәм башка төрле бәхетсезлекләр турында хәбәр итә дип уйлаганнар. Әле 1910 елларда гына да патша Россиясендә «алланың комета рәвешендәге ачуы»н кире кайтару өчен гыйбадәт кылганнар.

И. Ньютон, беренче буларак, йолдызлар фонында кометаның күчешен күзәтеп, аның орбитасын исәпләп чыгарган һәм кометаның планеталар кебек үк, Кояш системасында Кояшның тарту көче тәэсирендә хәрәкәт итүенә ышанган. Аның замандашы инглиз галиме *Э. Галлей* (1656—1742) элек күзәтелгән берничә кометаның орбиталарын исәпләп чыгарган. Ул 1531, 1607 һәм 1682 елларда күренгән кометаларның Кояшка периодик рәвештә кире әйләнеп кайтучы бер үк яктырткыч булырга тиешлеген һәм, беренче булып, аның яңадан кайчан күренергә тиешлеген әйткән. Алдан әйтелгәнчә, 1758 елда (Галлей үлеп 16 ел үткәннән соң) бу комета чыннан да күренгән һәм аңа *Галлей* кометасы дигән исем биргәннәр. Афелиенда ул Нептун орбитасы артына китә (61 нче рәсем) һәм 75—76 елдан соң яңадан Жиргә һәм Кояшка әйләнеп кайта. 1986 елда ул яңадан Кояшка иң якын ераклыкта үтеп китте. Беренче тапкыр комета белән очрашырга төрле фәнни аппаратлар белән жиһазландырылган планетаара автомат станцияләр жиһазландырылган.

Галлей кометасы *периодик кометалар* санына керә. Хәзерге вакытта әйләнү периодлары өч елдан алып (*Энке кометасы*) ун елга кадәр булган күп кенә периодик кометалар билгеле. Аларның афелийлары Юпитер орбитасы янында ята. Кометаларның Жиргә кайчан якынлашуларын һәм аларның күктәге күренмә юлын алдан ук зур төгәллек белән исәпләп чыгаралар. Шунинчә белән бергә бик сузынчы орбиталар буенча зур периодлар белән әйләнүче кометалар да бар. Без аларның орбиталарын параболла дип исәплибез, чынлыкта исә алар бик сузынчы эллипс

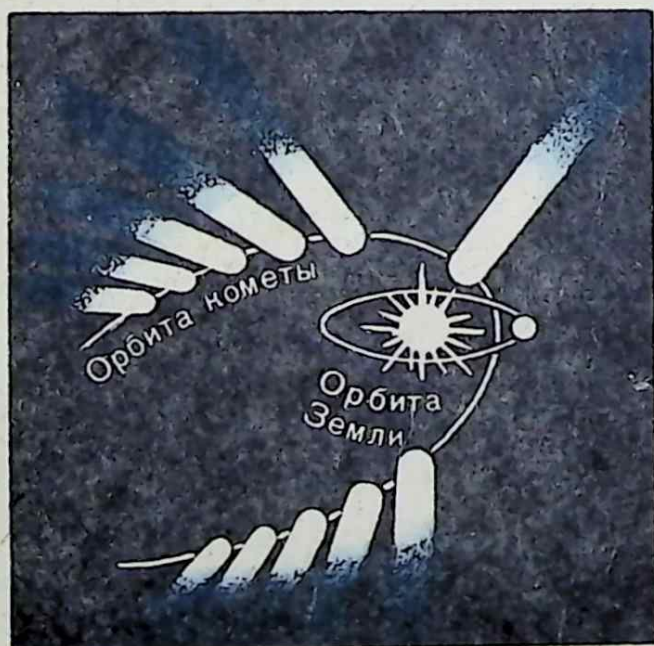
булса кирәк. Кометаларның Жир һәм Қояш янындагы кыска гына юл өзегеннән чыгып, бу кәкреләрне бер-берсеннән аеру читең. Күпчелек кометаларның койрыклары юк һәм бу кометаларны бары тик телескоп аша гына күрәп була.

Һәр елны элек билгеле булмаган берничә кометаның ачылуы турында мәғлүматлар булып тора. Кометага аны ачкан галимнең исеме бирелә. Каталогларга меңгә якин элек күзәтелгән кометалар теркәлгән.

4. Кометаларның физик табигате. Диаметры километрның өлөшләрәнә тигез булган кечкенә төш — кометаның бердәнбер каты өлөшө, һәм анда аның бөтен массасы тупланган дияргә ярый. Кометаларның массалары бик кечкенә һәм планеталар хәрәкәтенә берничек тә тәэсир итә алмый. Планеталар исә кометаларның хәрәкәтендә зур тайпылышлар китереп чыгара.

Кометаның төшө тузан бөртекләреннән, каты матдә кисәкчеләреннән һәм каты хәлдәге углекислый газ, аммиак, метан кебек газлардан тора, күрәсәң. Комета Қояшка якинлашканда бу төш жылына һәм аннан газ, тузан аерылып чыга. Алар газ сүрүен — кометаның башын тәшкил итә. Кометаның баш өлөшөндәге газ һәм тузан, Қояш яктылығының басымы һәм корпускуляр агым тәэсирендә читкә этеләп, кометаның койрыгын барлыкка китерә. Ул һәрвакыт Қояштан капма-каршы якка юнәлгән була (62 нче рәсем).

62. Қояшка якинлашкан саен кометаның койрыгы зурая һәм һәрвакыт Қояштан читкә юнәлгән була.



Қояшка якинрақ килгән саен, кометаның күбрәк нурланышка дучар булуы һәм газларның көчлерәк аерылып чыгуы нәтижәсендә, ул яктыра һәм койрыгы озыная. Еш кына ул туры, нәзек һәм буй-буй агынтылардан тора. Ә зур һәм якты кометаларда кайвакыт киң һәм жылпәзәсыман бөгелгән койрыктар да күзәтелә (63 нче рәсем). Кайбер кометаның койрыгы Жирдән алып Қояшка кадәр булган аралыкка сузыла, ә башы Қояш кадәр була. Қояштан ераклашкан саен, аның күренеше

кире тәртиптә үзгәрә барып, яктылыгы кими һәм, Юпитер орбитасына житкәндә, ул бөтенләй күздән югала.

Кометаның баш һәм койрык спектры, гадәттә, якты сызыклардан тора. Спектрны анализлау кометаның башы, нигездә, углерод һәм циан парларыннан торуын, ә койрыгы составында ионлашкан углерод (II) оксиды (сөрөм газы) молекулалары булуын күрсәтә. Кометаның төш спектры Кояш спектры кебек үк, ягъни аның төшә кайтарылган Кояш яктылыгы белән яктырып күренә. Кометаның газ сүрүе, башы һәм койрыгы Кояш энергия-



Ф. А. Бредихин (1831—1904). Рус астрономы. Тикшеренүләренең төп юнәлеше — кометаларны өйрөнү. Кометалар койрыгындагы матдәләрнең хәрәкәтен аңлаткан теорияне төзөгән.

сен йотып, ә аннары янадан таратып (бу флуоресценциянең бер төре), салкын яктылык белән яктыралар. Кояштан Жир кебек үк ераклыкта булганда, комета Жиргә караганда эссе булмый.

Атаклы рус галиме Ф. А. Бредихин (1831—1904) койрыкның кәкрелеге буенча Кояшның кисәкчекләргә тәэсир итү көче зурлыгын билгеләү ысулын эшләгән. Ул комета койрыкларын аерым

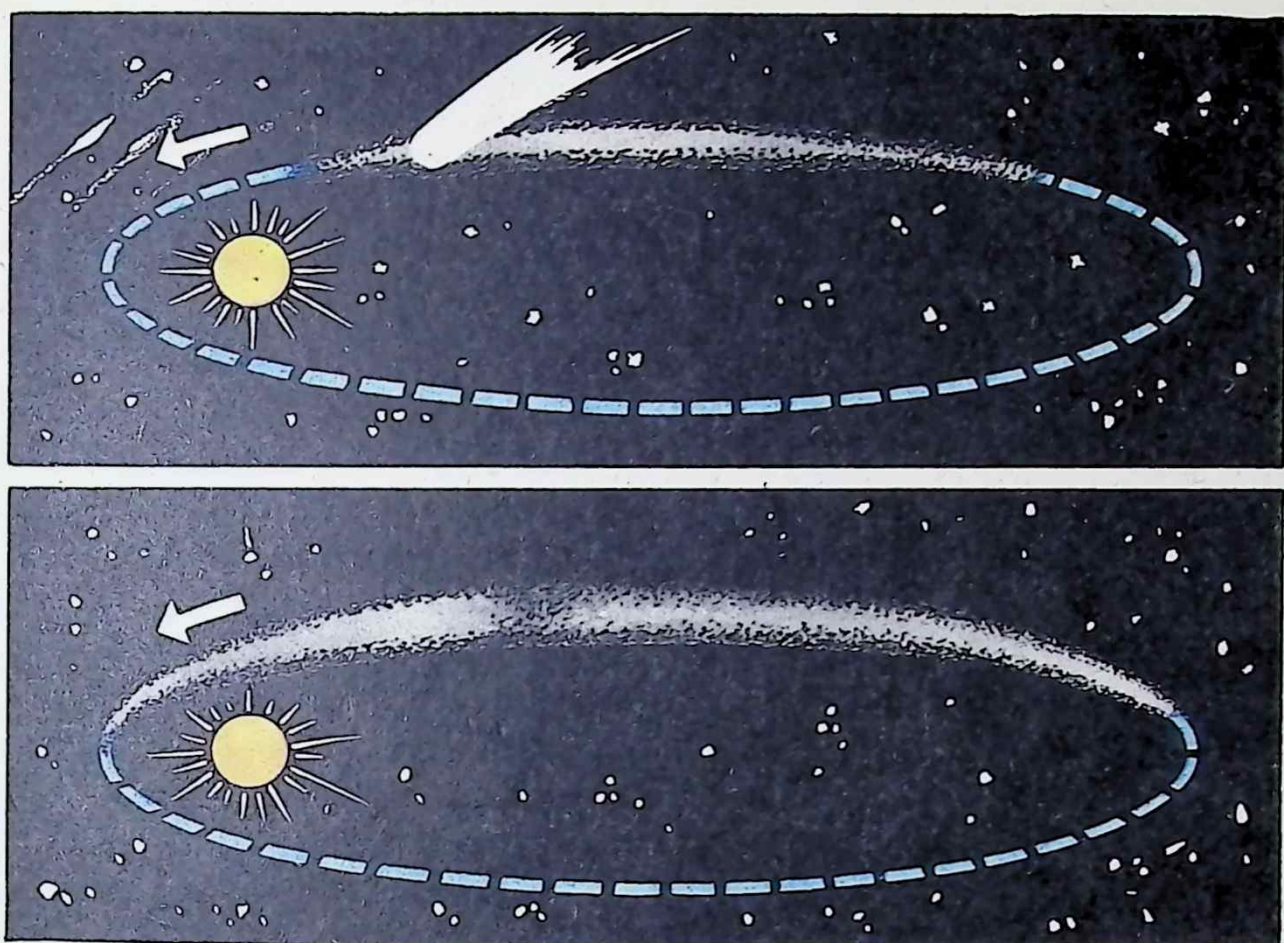
63. Мркос кометасының 1957 елгы фоторәсеме.



классларга бүлә һәм алардагы төрле күренешләрне механика һәм физика законнары нигезендә аңлата. Соңгы елларда газларның туры койрыкларда хәрәкәте һәм сыныкларның Кояш жилендәге кисәкчекләр агышының (корпускуляр агышның) койрыктагы ионлашкан газ молекулалары белән тәэсир итешүе аркасында барлыкка килүе билгеле булды. Кояш жилинен комета койрыгы ионнарына тәэсире Кояшка тартылу көченә караганда меңнәрчә тапкыр артык була. Кояштагы кыска дулкынлы радиациянен һәм корпускуляр агышларның көчәюе кометаларның кинәт яктырып китүенә сәбәп була.

Қайвакыт безнен заманда да халык арасында Жир комета белән бәрелешмәс микән дигән шикләнүчеләр булгалый. 1910 елда Жир Галлей кометасының койрыгы аша үтте. Анда сөрәм газы була. Ләкин аның һавага күпме катышканлыгын таба алмыйлар, чөнки кометаның башында да газ бик сирәк. Жирнен комета төше белән бәрелешү ихтималы чиктән тыш аз. Мондый бәрелешү 1908 елда Тунгус метеориты төшкәндә күзәтелгән булуы мөмкин. Ул вакытта берничә километр биеклектә көчле шартлау булган һәм һава дулкыны гаять зур мәйдандагы урманны аударган.

5. Метеорлар һәм метеор агышлары. Периодик комета төшләрнен кечерәя баруы, аларның һәр әйләнештән соң азрак яктыруы күптән билгеле инде. Комета төшенен кисәкчекләргә бүлгәләнүен күп тапкырлар күзәткәннәр. Бу жиимерелүләр Кояштагы күтәрелешләр яки метеорит жисемнәр белән бәрелешү аркасында килеп чыга. 1772 елда чех галиме Биэла тарафыннан ачылган кометаны һәр 7 ел саен кире кайту вакытында күзәтеп торганнар. 1846 елда аның төше ике тонык кометага бүленгән, һәм аларны 1852 елдан соң башка күрмәгәннәр. Исәпләүләр буенча, юкка чыккан бу кометалар 1872 елда Жир яныннан үтеп китәргә тиешле вакытта «атылучы йолдызлар» яңгыры күзәтелгән. Шул вакыттан алып һәр елның 27 ноябрендә бу күренеш, кимрәк эффект белән булса да, кабатланып килә. Элеккеге Биэла кометасының төше, вак каты кисәкчекләргә таркалып, үзенен орбитасы буйлап сузылган (64 нче рәсем). Жир бу кисәкчекләр агышы аркылы үткәндә, алар Жир атмосферасына килеп керәләр. Бу кисәкчекләр атмосферада метеор күренешләре китереп чыгаралар һәм Жиргә очып килеп житкәнче, бөтенләй таркалып, юкка чыгалар. Қиңлекләре, кагыйдә буларак, үзләрен хасил иткән комета төше үлчәмнәренә караганда ча-



64. Комета төшенең таркалып, метеор кисәкчеләре агышына әверелү схемасы.

гыштыргысыз зур булган күп кенә башка метеор агышлары да билгеле.

Галлей кометасы белән ике метеор агышы бәйле, аның берсе — майда, икенчесе ноябрьдә күзәтелә.

Йолдызлы күктә бер үк метеорның юлын ике урыннан рәсемгә төшергәндә, аның бер-береннән 20—30 км ераклыктагы ике күзәтүчегә ничек проекцияләнүеннән чыгып, метеорның килеп чыгу биеклеген табалар. Еш кына метеорлар 100—120 км биеклектә яктыра башлап, 80 км биеклектә тулысынча парга әйләнеп бетәләр. Аларның спектрында тимер, кальций, кремний һәм башка элементларның ачык сызыклары күренә. Метеорларның спектрын өйрәнү кометаларның төшен ташлап киткән каты кискәкчеләрнең химик составын билгеләргә мөмкинлек бирә. Метеор очышын объективы әйләнеп торучы затвор белән капланган камерада рәсемгә төшергәндә, метеорның һава каршылыгы белән тоткарлануын күрсәтүче өзек-өзек эзе барлыкка килә.

Метеор агышларын күзәтү бик әһәмиятле фәнни мәсьәлә, һәм аны укучылар да эшли ала. Мондый күзәтүләр Жирнең атмосферасын һәм таркалган кометаларның нинди матдәләрдән торудың өйрәнүгә ярдәм итә.

17 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Қояш батканнан соң комета көнбатышта булса, аның койрыгы горизонтка карата ничек юнәлгән?
2. Галлей кометасының әйләнү периоды 76 ел булса, аның орбитасының зур күчәре нинди зурлыкта булыр?
3. Йолдызларның күктән атылмасын ничек исбатларга?
4. Күзәтүчедән 0,5 км ераклыкта күрәл алынган болидның күрәнмә диски-сы Ай дискисынан ике тапкыр кечерәк. Аның чынбарлыктагы диаметры нинди?
5. Қояшка периодик рәвештә кире кайтушы комета үзенең күрәнешен мәңге үзгәрешсез саклай аламы?

10 НЧЫ БИРЕМ

63 нче рәсем фокус ераклыгы 10 см булган фотоаппарат белән төшерелгән рәсемнән 10 тапкыр зурайтып алынган булсын. Ай һәм Қояшның фоторәсемдәге сурәте ($0,5^\circ$) объективның фокус ераклыгының $1/114$ өлешенә тигез икәнлеген билгелә булганда, комета койрыгындагы туры нурларның озынлыгын градусларда аңлатыгыз.

21. ҚОЯШ СИСТЕМАСЫ — БАРЛЫККА КИЛҮЛӘРЕ БЕРТӨРЛӨ БУЛГАН ЖИСЕМНӨР КОМПЛЕКСЫ

Астрономиянең күк жисемнәренең барлыкка килүен һәм үсешен өйрәнә торган бүлгә космогония дип атала.

Қояш системасының барлыкка килү мәсьәләсен хәл итүдәге төп кыенлык — безнең икенче бер шундый системаларны башка үсеш стадияләрендә күзәтә алмавыбызда. Безнең Қояш системасына охшаш системалар житәрлек дәрәжәдә таралган булырга тиеш һәм аларның барлыкка килүе очраклы хәл түгел, ә закончалыклы күрәнеш булса да, хәзергә безнең Қояш системасын чагыштырырдай бернәрсә дә юк.

Хәзергә вакытта Қояш системасының барлыкка килүе турындагы теге яки бу гипотезаның дөрөсләген тикшергәндә күбрәк Жир һәм Қояш системасына кергән башка жисемнәрдәге тау токимнарының химик составы һәм яше турындагы мәғлүматларга таяналар. Бу методлардан иң төгәле — тау токимнарының яшен алар составындагы радиоактив уран элементы микъдарын кургаш микъдарына чагыштырып табу. Эш менә

нәрсәдә: кургаш — үзлегеннән таркалучы уран элементының соңгы продукты. Бу процессның тизлегә төгәл билгеле, һәм аны беринди юллар белән дә үзгәртеп булмый. Токымда уран никадәр аз һәм кургаш никадәр күбрәк булса, аның яше дә шулкадәр зуррак була. Жир кабыгында иң борынгы тау токымнарының яше берничә миллиард еллар белән исәпләнә. Тулаем алганда, Жир үзенә кабыгына караганда элегрәк барлыкка килгән булса кирәк.

Ташка әйләнгән хайван һәм үсемлек калдыкларын өйрәнү соңгы йөз миллион еллар эчендә Кояш нурланышының сизелерлек үзгәрмәвен күрсәтә. Исәпләүләргә караганда Кояшка 5 млрд. яшь чамасы. Кояшның яше Жир яшеннән азга гына зуррак.

Дөньяга материалистик карашның үсешендә Кояш системасының килеп чыгышы турындагы беренче фәнни фараз итүләр тарихи яктан гаять зур роль уйнаган. Немец философы И. Кантның бөтендөнья тартылу законына нигезләнеп эшлängән гипотезасы шундыйларның берсе була. XVIII гасыр урталарында ул Кояш системасы хаотик хәрәкәттәге салкын тузан бөртекләреннән барлыкка килгән булырга тиеш дигән фикерне аңлата. 1796 елда француз галиме Лаплас Кояш һәм планеталарның әйләнеп торучы газ томанлыгыннан барлыкка килүе турындагы гипотезасын жентекләп тасвирлаган. Лаплас Кояш системасының килеп чыгышы турында аның һәр гипотеза аңлатырга тиеш булган түбәндәге характерлы якларын исәпкә алган: системаның төп массасы Кояшта тупланган; планеталарның һәм иярченнәренң орбиталары түгәрәк диярлек һәм бер үк яссылыкта диярлек ята; алар арасында ераклык билгеле бер закон буенча арта бара; барлык планеталар да диярлек, Кояш тирәсендә генә әйләнмичә, үз күчәрләре тирәсендә дә бер үк юнәлештә әйләнә. Үзенә гипотезасын ул планеталар һәм алар барлыкка килгән матдә башта кайнар, эрегән хәлдә булган дигән карашларга нигезләнеп төзөгән.

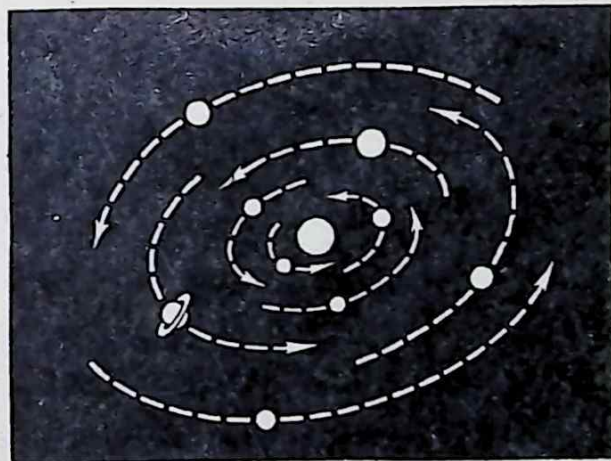
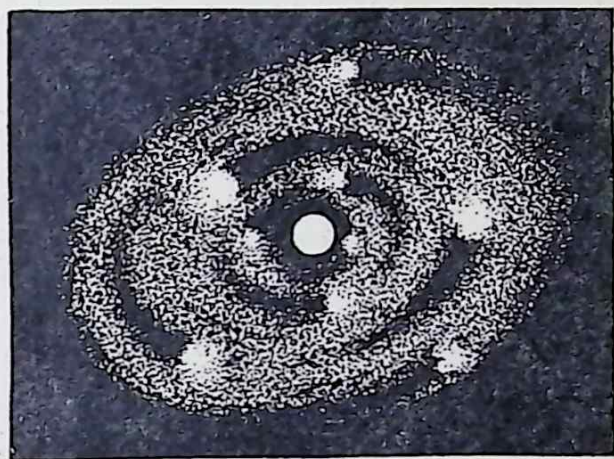
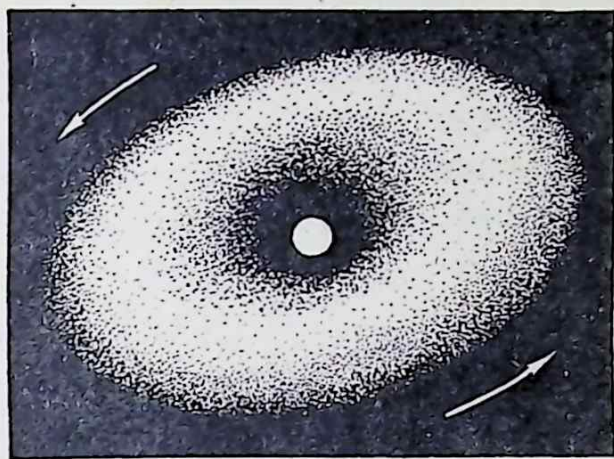
Хәзерге вакытта галимнәр Жир беркайчан да газ хәлендә дә, утлы сыеклык хәлендә дә булмаган дигән нәтижәгә килделәр.

Хәзерге периодта совет академигы О. Ю. Шмидт (1891—1956) хезмәтләре нигез итеп алынган гипотеза иң жентекләп эшлängән гипотезалардан санала.

Шмидт гипотезасы буенча планеталар кисәкчекләре Кояш тирәсендә төрле орбиталар буенча әйләнә торган гаять зур сал-

кын газ-тузан бөлытыннан барлыкка килгән. Кояш үзе шуннан элегрәк кенә барлыкка килгән дип исәпләнә. Вакыт үтү белән болытның формасы үзгәрә барган. Кисәкчекләрнең бәрелешүе һәм алар арасында энергия алмашу сәбәпле, болыт акрынлап янйчелә барган һәм кисәкчекләр түгәрәк орбита буенча хәрәкәт итә башлый. Эрерәк кисәкчекләр үзләренә ваграк кисәкчекләрне ияртәләр. Бер юнәлештәге хәрәкәт өстенлек ала башлый. Матдә куермалары хасил булып, алар калынлыгы диаметрына караганда меңнәрчә тапкыр кимрәк булган диск рәвешендә бүленеп урнашалар. Иң эре куермаларның массалары барыннан да тизрәк арта. Аннары башлангыч чорында «уалучан» булган төрле зурлыктагы күп санлы матдә кисәкчекләреннән берничә эре жисем — планета барлыкка килгән (66 нчы рәсем). Исәпләүләргә караганда, Жир үзенең хәзерге массасына берничә йөз миллион еллар дәвамында гына ирешкән. Өслеге салкын булган Жир радиоактив элементларнын таркалуы исәбенә жылына башлый. Бу исә Жир эченең эрүенә китергән. Авыр элементлар Жирнең төшен, ә жиңелрәкләре, өскә таба хәрәкәт итеп, Жир кабыгын хасил иткәннәр. Планета яралгысын чолгап алган кисәкчекләр өерендә кисәкчекләрнең бер-берсенә ябышу процессы кабатланган һәм планеталарның иярченнәре барлыкка килгән.

Кисәкчекләрнең һәм төрле үлчәмле (диаметрлары берничә



66. О. Ю. Шмидт гипотезасы буенча газ-тузан болытыннан Жирнең һәм планеталарның барлыкка килү этаплары.

километр булган) жисемнәрнең планеталарга һәм аларның иярченнәренә килеп төшүе планеталарның кабыгы барлыкка килгәннән соң да давам иткән. Алар планеталарның һәм иярченнәрнең өслегенә космик тизлек белән килеп бәрелеп шартлаганнар һәм күп санлы кратерлар хасил иткәннәр.

Кояш системасының газ-тузан болытыннан хасил булу гипотезасы Жир группасы планеталары белән гигант планеталарның физик үзенчәлекләре арасындагы аерманы аңлатырга мөмкинлек бирә.

Кояшка якынарак болытларның бик нык жылынуы сәбәпле, водород һәм гелий аның үзәгеннән читкәрәк очып киткән һәм Жир группасы планеталарында ул бөтенләй диярлек сакланмаган. Газ-тузан болытының Кояштан ераграк өлешләрәндә температура түбән була, шуңа күрә монда газлар каты кисәкчекләр булып оешып каткан. Водород һәм гелий күп микъдарда булган бу матдәдән гигант планеталар барлыкка килгән. Болытның Кояштан ераграк өлешенә күләме һәм массасы Жир тибындагы планеталар хасил булган болыттан шактый зур булган. Шуңа күрә гигант планеталарның массалары зур.

Кояш системасындагы кечкенә жисемнәрнең (астероид һәм кометаларның) килеп чыгышы турында берничә төрле гипотеза яшәп килә.

Мәсәлән, моннан йөз еллардан да күбрәк элек, астероидлар кайчандыр Марс белән Юпитер арасында әйләнеп йөргән һәм ниндидер сәбәпләр аркасында жимерелгән планетаның кыйпылчыклары булырга тиеш дигән фараз әйтелгән була. Б. А. Воронцов-Вельяминов (дәреслекнең авторы) Кояш системасындагы барлык кечкенә жисемнәрнең килеп чыгышы бертөрле дип исәпли. Алар кайчандыр зур һәм бериш булмаган планетаның шартлавы нәтижәсендә хасил булган кисәкчекләрдән барлыкка килгән булуы мөмкин. Шартлаганнан соң газлар, пар һәм вак кисәкчекләр, космик пространствода туңып, кометаның төшен хасил иткән, ә зур тыгызлыкка ия булган кыйпылчыклары астероидлар булып киткән, күзәтүләр аларның нәкъ шундый кыйпылчыклар формасында булуын күрсәтә.

Комета төшләрәнең күбесе, вак һәм жиңел кисәкчекләр буларак, барлыкка килгәндә төрле юнәлештә зур тизлек алып, Кояштан бик ерак очып киткәннәр (яки Кояш системасын бөтенләйгә ташлап киткәннәр).

Вак жисемнәрнең килеп чыгышының мөмкин саналган икенче

аңлатмасы оешкан кискәкләрнең барысы да планета булып үсеп
житмәвен исәпкә алып төзелгән. Аларның күбесе Кояш систе-
масында астероидлар һәм метеор жисемнәр рәвешендә калган.
Кояштан зур ераклыктагы бу оешкан кискәкләр матдәнең каты
кискәчекләре катнашмасын эченә алган боз кантарлары рәвешен-
дә яшиләр. Болар, зур болыт хасил итеп, Плутон орбитасыннан
да арырак сузылган кометаларның төшләрә.

Кометаларның күпчелеге Кояш системасының читендәрәк үз-
ләренең орбиталары буенча хәрәкәт итәләр. Юпитерның тартуы
кайбер кометаларның орбиталарын сузынқы эллипс рәвешенә
китерүе мөмкин һәм алар, шул орбита буенча хәрәкәт итеп,
планеталар системасының эченә элгәләр. Алар миллиард еллар
элек үзләре барлыкка килгән чордагы матдәне, «космик суыт-
кыч»та саклап, үзләрендә йөртәләр. Планеталарда шул вакыт
эчендә эрү, кристаллашу һәм башка физик-химик процесслар
нәтижәсендә, бу матдәнең башлангыч составы һәм төзелеше күп
үзгәрешләргә дучар булган.

*Айдан һәм Кояш системасындагы башка жисемнәрдән алын-
ган тау токимнарының химик составы һәм яше турындагы
мәгълүматларны исегезгә төшергез.*

Кояш системасының төрле жисемнәрендәге тау токимнары-
ның яше һәм химик составы турындагы мәгълүматлар Шмидт
гипотезасы белән (ул башка галимнәрнең дә хезмәтләрендә үсеш
алган) тулысынча туры килә.

Магнит кырының барлыгын һәм башка төрле факторларны
исәпкә алып, компьютер ярдәмендә үткәрелгән хисаплаулар
планеталар системасының моннан 5 млрд. еллар яшь Кояшны
урап алган газ-тузан болытыннан килеп чыгуын аңлатырга мөм-
кинлек бирә. Шулай да бу дәвамлы катлаулы процессның төрле
якларын өйрәнү һәм төгәллек кертү дәвам итә.

VI. КОЯШ ҺӘМ ЙОЛДЫЗЛАР

22. КОЯШ — ИҢ ЯКЫН ЙОЛДЫЗ¹

1. Кояш энергиясе. Кояш — Кояш системасындагы үзәк жисем һәм ул иң зурысы. Аның массасы Жир массасыннан 333 000 тапкыр, ә барлык башка планеталарның тулай массасыннан 750 тапкыр зуррак. Кояш — электромагнитик дулкын спектрының барлык өлкәләреннән — Рентген һәм ультрамиләүшә нурлардан алып радиодулкыннарға кадәр даими нур таратып торучы куәтле энергия чыганагы. Бу нурланыш Кояш системасындагы барлык жисемнәргә көчле тәэсир ясый: аларны жылыта, планеталарның атмосферасына йогынты ясый. Жирдәге тереклек өчен зарури булган яктылык һәм жылылыкны бирә.

Шуның белән бергә, Кояш — безгә иң якин йолдыз да. Барлык башка йолдызлардан аермалы буларак, без аның дискисын күзәтә алабыз һәм телескоп ярдәмендә аның үлчәмнәрен берничә йөз километрдан артмый торган вак детальләренә кадәр өйрәнә алабыз. Кояш — типик йолдыз ул, шуңа күрә аны өйрәнү йолдызларның табигатен гомумән аңларга ярдәм итә.

Жир орбитасының эллиптик булуы аркасында Кояшның күренмә почмакча диаметры аз гына үзгәрәп тора. Аның уртача диаметры 32' ка яки $1/107$ радианга тигез. Моннан Кояш диаметрының $1/107$ а. б. кә яки якынча 1 400 000 км га тигез икәнлеген килеп чыга. Бу — Жир диаметрыннан 109 тапкыр зуррак дигән сүз.

Жир атмосферасыннан читтә Кояш нурларына перпендикуляр урнашкан 1 м^2 өслеккә 1,36 кВт Кояш нуры энергиясе туры килә. Бу санны радиусы Жирдән алып Кояшка кадәр ераклыкка тигез булган шар өслеге мәйданына тапкырлап, Кояшның тулы нурланышы егәрлеген (аның яктыртучанлыгын) табарбыз. Ул якынча $4 \cdot 10^{23}$ кВт ка тигез. Кояш зурлыгындагы жисем 6000°К чамасы (Кояшның эффектив температурасы) температурага кадәр кызганда шундый нур тарата. Кояштан Жир ала

¹ Бу параграф материалын язуда Э. В. Кононович катнашты.

торган энергия агышы аның тулы энергиясенең якынча $1/2\ 000\ 000\ 000$ енә тигез.

18 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Кояшның горизонт өстеннән биекlege 30° , ә атмосфераның үткәрүченlege 80% булса, аяз көнне 1 км^2 мәйdanлы күлгә Кояштан 1 мин ка күпме энергия килә?
2. 1 кг Кояш матдәсе уртача нинди егәрлектәге нур тарата?

2. Кояшның төзелеше. Кояш — барлык башка йолдызлар кебек үк кызган газ шары. Нигездә, ул водород белән 10% гелий (атомнар саны буенча) катнашмасыннан тора. Қалган барлык элементларның атомнар саны бөтенесен бергә алганда 1000 тапкыр чамасы азрак. Шулай да массалары буенча авыррак булган бу элементларга Кояшның $1\text{--}2\%$ массасы туры килә.

Кояшта матдәләр бик нык ионлашкан, ягъни атомнар, үзләренең тышкы электроннарын югалтып, ионлашкан газның — плазманың бәйсез кисәкчекләре булып китәләр.

Берникадәр күләмдәге, мәсәлән, 10^7 кадәр шундый кисәкчекне эченә алган плазманың тулы электр корылмасы турында нәрсә әйтергә мөмкин?

Кояш матдәсенең уртача тыгызлыгы $\bar{\rho} \approx 1400\text{ кг/м}^3$. Бу кыймәт су тыгызлыгы белән чагыштырырлык зурлыкта, ә Жир өслегендәге һава тыгызлыгыннан мең тапкыр зуррак. Ләкин

Кояшта таплар һәм протуберанецлар.



Кояшның өске катлауларының тыгызлыгы миллион тапкырлар ким, ә үзегендә — уртача тыгызлык 100 тапкыр зуррак.

Кояшның үзегенә таба юнәлгән гравитацион тарту көчләре тәэсирендә аның эчендә гаять зур басым барлыкка килә.

Әгәр Кояш эчендә матдә бертигез таралып урнашкан һәм һәркайда уртача тыгызлыкта булса, аның эчке басымын исәпләп чыгару бик җиңел булыр иде. Шундый якынча исәпләүләргә $1/2R_{\odot}$ га тигез булган тирәнлек өчен башкарырлык.

Мондый тирәнлектә авырлык көче $F = mg$ мәйданы S , биеклегә $1/2R_{\odot}$ булган радикаль багана эченә урнашкан матдәнең массасы һәм $1/2R_{\odot}$ радиусты сфера өслегендәге g ның кыйммәте белән билгеләнә. Бу багана эчендәге Кояш матдәсенең массасы

$$m = \rho \frac{4}{3} \pi R_{\odot}^3$$

ка тигез, ә бөтөндөнья тартылу законы буенча «бериш» Кояшның үзегеннән $1/2R_{\odot}$ ераклыкта гравитацион тизләнеш түбәндәгечә булыр иде:

$$g = G \frac{\frac{1}{8} M_{\odot}}{\left(\frac{1}{2} R_{\odot}\right)^2},$$

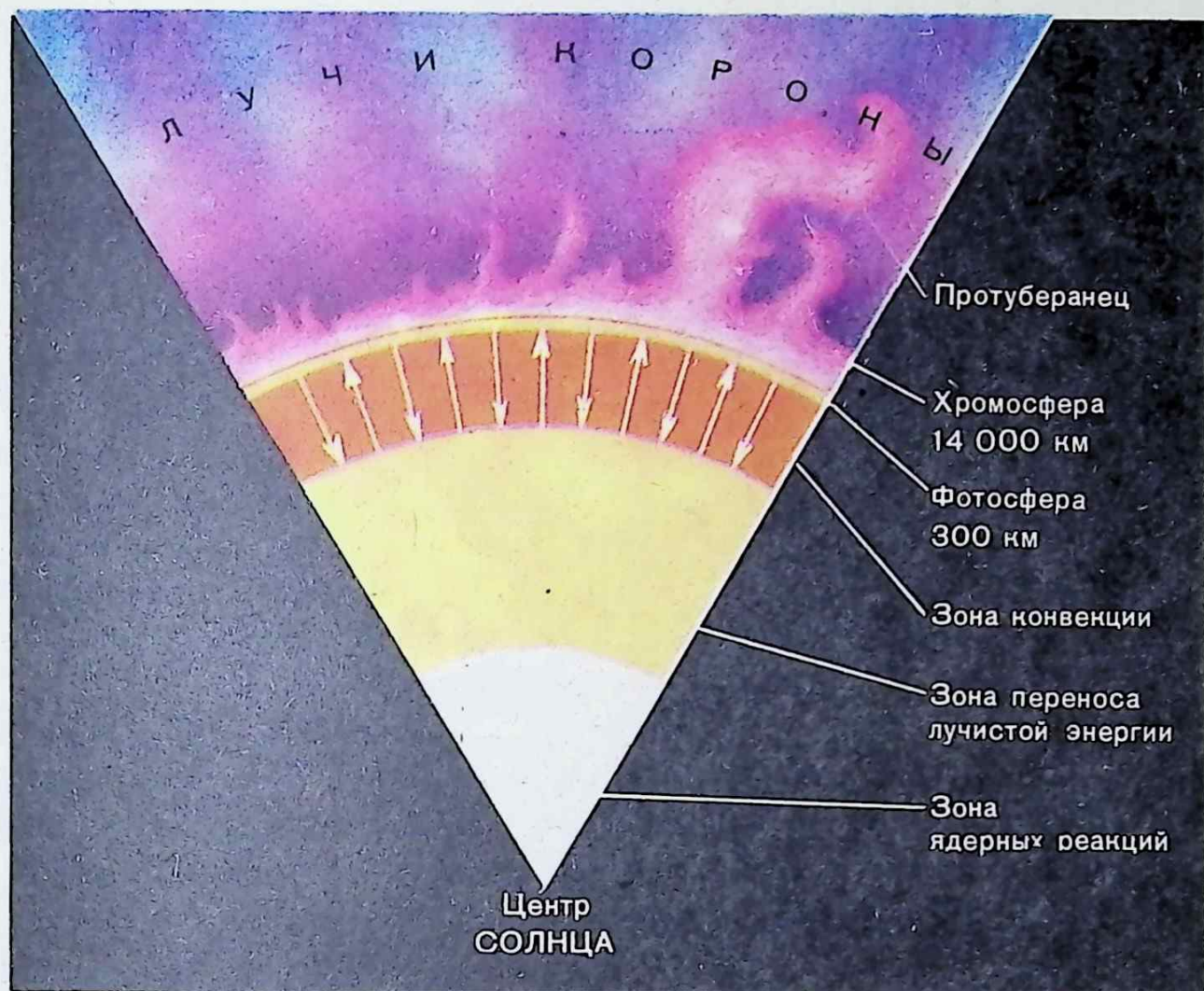
чөнки бу сфераның күләме Кояш күләменең $1/8$ энә тигез һәм тыгызлык даими булганда, аңарда $1/8 M_{\odot}$ туплана. Шуңа күрә басым түбәндәгечә булыр:

$$p = \frac{mg}{S} = G \frac{\frac{1}{8} M_{\odot}}{\left(\frac{1}{2} R_{\odot}\right)^2} \rho \frac{R_{\odot}}{2}.$$

Моннан $p \approx 6,6 \cdot 10^{13}$ Па га тигез икәнлегә, ягъни атмосфера басымыннан миллиард тапкыр зуррак икәнлегә килеп чыга.

Газ законнары буенча басым температурага һәм тыгызлыкка пропорциональ була. Бу — Кояш эчендәге температураны исәпләп чыгарырга мөмкинлек бирә.

Үзәккә таба тыгызлыкның һәм температураның артуын исәпкә алып эшлängән төгәл исәпләүләр Кояшның үзегендә газның тыгызлыгы якынча $1,5 \cdot 10^5$ кг/м³ (кургаштан 13 тапкыр тыгызрак!), андагы басым $2 \cdot 10^{18}$ Па чамасы, ә температура 15 000 000 К чамасы икәннен күрсәтә.



67. Кояшның төзелеш схемасы.

Мондый югары температурада водород атомы төшләрәнән (протоннарның) тизлекләре бик зур (секундка йөзләрчә километр) була, алар арасындагы электростатик этү көчләрәнән тәсиренә қарамастан, атомнарның бер-берсенә бәрелүләре мөмкин. Мондый кайбер бәрелешүләр төш реакциясе белән тәмамлана, бу вакытта водород гелийга әверелә һәм бик күп микъдарда жылылык аерылып чыга. Кояшның хәзерге үсеш чорында бу реакцияләр аның энергия чыганагы булып тора. Нәтижәдә, Кояшның үзәк өлкәсендә гелий микъдары арта, ә водородныкы кими.

Кояш эчендә барлыкка килә торган энергия агышы тышкы катлауларга күчеп, һаман зуррак мәйданга тарала бара. Бу, үз чиратында, үзәктән ераклашкан саен Кояш газлары температурасының кимүенә китерә. Температураның кыйммәтенә һәм аның белән билгеләнә торган процессларның характерына карап, Кояшны шартлыча 4 өлкәгә бүлүргә мөмкин (67 нче рәсем):



68. Фотосферада грануляция һәм таплар.

1) эчке, үзәк өлкә (төш), биредә басым һәм температура төш реакцияләренен булып то-руын тәэмин итә, ул үзәктән алып якынча $1/3R_{\odot}$ ераклыгына кадәр жәелә;

2) «нурлы» зона ($1/3R_{\odot}$ тан $2/3R_{\odot}$ ка кадәр ераклык), бу зонада энергия бер катлаудан икенче катлауга энергиянең йотылуы һәм электромагнитик энергия квантларының нурланышы нәтижәсендә эзлекле рәвештә тышка таба бирелә;

3) конвектив зона — «нурлы» зонаның өске өлешеннән Кояшның күренмә чигенә кадәр диярлек ара. Биредә Кояшның күренмә чигенә якынлашкан саен температура тизрәк кими һәм шуның нәтижәсендә матдәләрнең аралашуы бара (конвекция, астан жылытканда савыт эчендәге сыеклыкның кайнавына охшаш);

4) атмосфера конвектив зонадан соң ук башланып, Кояшның күренмә дискисы чикләреннән бик еракка жәелә. Атмосфераның түбәнге катлавы без Кояш өслеге буларак кабул итә торган юка газ катлавын эченә ала. Атмосфераның өске катлаулары турыдан-туры күренми, аны я тулы Кояш тотылулары, я махсус приборлар ярдәмендә генә күзәтеп була.

3. Кояш атмосферасы һәм Кояш активлыгы. Кояш атмосферасын да шартлы рәвештә берничә катлауга бүләргә мөмкин (67 нче рәсемне карагыз).

Атмосфераның 200—300 км калынлыгындагы иң тирән катлавы фотосфера (яктылык сферасы) дип атала. Кояш спектрының күренмә өлешендә күзәтелә торган барлык энергия диярлек шушы өлкәдән чыга.

Фотосферада, Кояшның тирәнрәк катлауларындагы кебек үк, температура үзәктән ераклашкан саен кими, якынча 8000 нән 4000 К га кадәр үзгәрә: фотосфераның тышкы катлаулары алардагы нурланышның планетаара пространствога чәчелүе аркасында бик нык суына.

Фотосфераның фоторәсемнәрендә (68 нче рәсем) аның вак

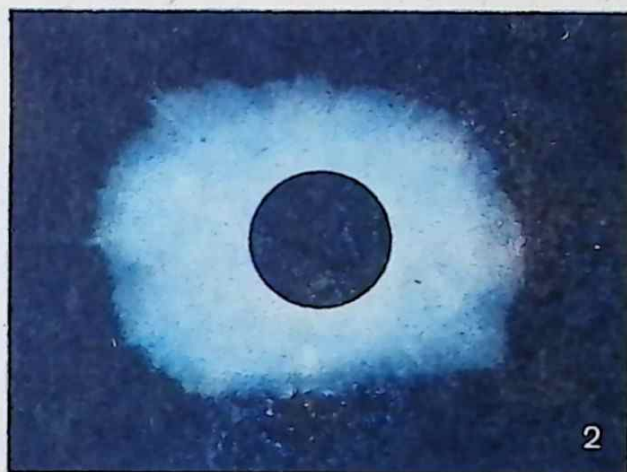
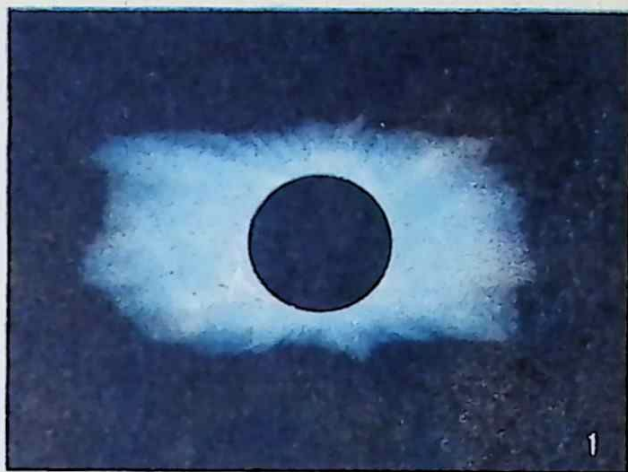
структурасы — ягъни тар гына караңгы аралыклар белән бүлгәлэнгән һәм уртача 1000 км чамасы зурлыгындагы гранулылар рәвешендәге якты «бөртекләре» ачык күренә. Бу структура грануляция дип атала. Ул атмосфера астындагы конвектив зонада бара торган газ аралашуының нәтижәсе булып тора.

Фотосфераның тышкы катлауларында температураның кимүе нәтижәсендә, Кояшның тулысынча диярлек фотосферада барлыкка килә торган күренмә спектрында караңгы йотылу сызыклары күзәтелә. Бу сызыклар 1814 елда, беренче буларак, берничә йөз шундый сызыкның рәсемен төшереп алган немец оптигы, И. Фраунгофер (1787—1826)

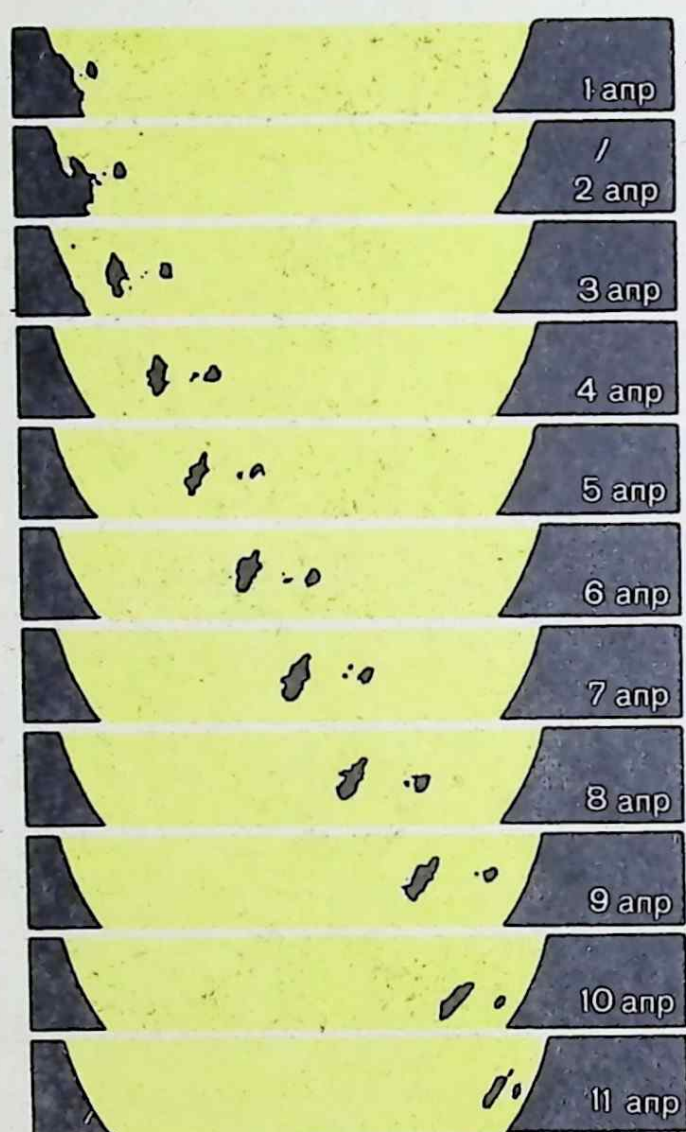
хөрмәтенә *Фраунгофер сызыклары* дип атала.

Шул ук сәбәп буенча (Кояшның үзәгеннән башлап температураның төшүе сәбәпле) Кояш дискисының чите караңгырак кебек тоела.

Фотосфераның иң югары катлауларында температура 4000 К га житә. Мондый температурада һәм тыгызлык 10^{-3} — 10^{-4} кг/м³ булганда, водород практик яктан нейтраль була. Атомнарның 0,01% чамасы гына ионлашкан хәлдә булып, башлыча ул металлларга туры килә. Ләкин югарыда — атмосферада температура, шуның белән бергә ионлашу да, башта акрынрак, аннары яңадан бик тиз арта башлый. Кояш атмосферасының температура үскән һәм эзлекле рәвештә водородның, гелийның һәм башка элементларның ионлашуы бара торган өлкәсе хромосфера дип атала. Аның температурасы уннарча һәм йөzlәрчә мең кельвинга житә. Сирәк кенә ул Кояшның тулы тотылуы моментында Айның караңгы дискисы тирәсендә ялтырап торган тар ал кайма рәвешендә күренә. Хромосфера катлавын-



69. Кояш тажының күренеше: 1 — Кояшта таплар күп булган елларда; 2 — таплар аз булган елларда.



70. Кояш өйлөнгөндө андагы тапларның күрөмө торышы үзгөрү.

нан өстө Кояш газларынын температурасы 10^6 — $2 \cdot 10^6$ К га житө һәм аннары эллө ничө Кояш радиусы ераклыгында да үзгөрөшсөз кала диярлек. Бу сирөклөнгөн һәм кызган сүрү Кояш тажы дип ата-ла (69 нчы рәсем). Кояш то-тылуның тулы фазасында аны энжедэй нурлар балкышы рө-вешендө күрөргө мөмкин. Бу — искиткеч матур күрөнөш. Таж газы планетаара пространст-вода «парга әйлөнөп», Кояш-тан өзлексөз агып торучы Кояш жиле дип аталган сирөклөнгөн плазма агышын барлыкка китерө.

Хромосфераны һәм тажыны ультрамиләүшө һәм Рентген нурларында иярченнөрдөн һәм орбиталь космик станцияләрдөн күзөтү бигрөк тө яхшы.

Вакыт-вакыт фотосферанын аерым өлкөлөрендө, гранула-

лар арасындагы караңгы аралыклар зураеп, эллө ни зур бул-маган түгәрөк тишемнөр барлыкка килө. Аларның кайберләре радиус буенча таралган озынча фотосфера гранулалары рөвешендөгө ярым күлөгө белән әйлөндөрөп алынган зур караңгы тапларга әвереләлөр (68 нче рәсемне кара).

Кояш тапларын телескоптан күзөткөн Галилей да аларның Кояшның күрөмө дискисы буенча күчүенә игътибар иткөн. Шу-ның нигезендө ул Кояшның үз күчәре тирәсендө әйлөнүен исбат-лаган. Кояшның почмакча әйлөнү тизлегө экваторыннан полю-сына таба кими бара, экватордагы нокталар 25 тәүлеккө бер ту-лы әйлөнөш ясасалар, полюслары янында Кояшның йолдызча әйлөнү периоды 30 тәүл. кө житө. Жир дә Кояш әйлөнгөн юнө-лөштө үз орбитасы буенча хәрәкөт итө. Шуңа күрө жирдөгө күзөтүчөгө карата Кояшның әйлөнү периоды икө тәүлек чамасы

артыграк һәм Кояш дискисының үзәгендә тап Кояшның үзәк меридианы аша янадан 27 тәул. тән соң гына үтә.

Таплар — даими түгел. Кояштагы тапларның формалары һәм саны өзлексез үзгәрәп тора (70 нче рәсем). Гадәттә, Кояш таплары төркөм-төркөм булып барлыкка киләләр.

Кояш дискисының чиге янында таплар тирәсендә якты урыннар күренә. Таплар Кояш дискисының үзәгенә якын булганда, алар бөтенләй күренми диярлек. Бу якты урыннар факеллар дип атала. Әгәр Кояшны ак нурларда фоторәсемгә төшермичә, бигрәк тә водородның, ионлашкан кальций һәм кайбер башка элементларның спектраль сызыкларын да рәсемгә төшөрсәк, алар тагын да кискенрәк һәм бөтен диск буенча күренер. Мондый рәсемнәр спектрогелиограммалар дип атала. Алар буенча Кояш атмосферасының тагын да өске катлауларының һәм барыннан да элек хромосфераның структурасы өйрәнелә.

Кояшта актив өлкәләрнең һәм таплар төркеменең саны периодик рәвештә (якынча 11 ел саен) үзгәрәп тора. Бу күренеш *Кояш активлыгы циклы* дип атала. Цикл башланганда таплар бөтенләй диярлек булмый, аннары аларның саны башта экватордан ерактарак урыннарда арта, ә аннан соң инде торган саен аңа якынарак урыннарда арта башлый. Берничә елдан соң таплар саны үзенең максимумына җитә яки, башкача әйтсәк, Кояш активлыгының максимумы башлана, ә аннары таплар саны кими.

Тапларда һәм шулай ук факелларда магнит кыры бар, бу аларның төп үзенчәлегә. Тапларда магнит кырының индукциясе гаять зур, кайвакыт 0,4—0,5 Тл га җитә, ә факелларда магнит кыры көчсезрәк була.

Кагыйдә буларак, таплар төркемендә ике тап аеруча зур була. Аларның берсе — төркөмнең көнбатыш, икенчесе көнчыгыш ягында урнашкан һәм, дагасыман магнитның ике полюсы кебек, аларның магнит полярлыгы капма-каршы була.

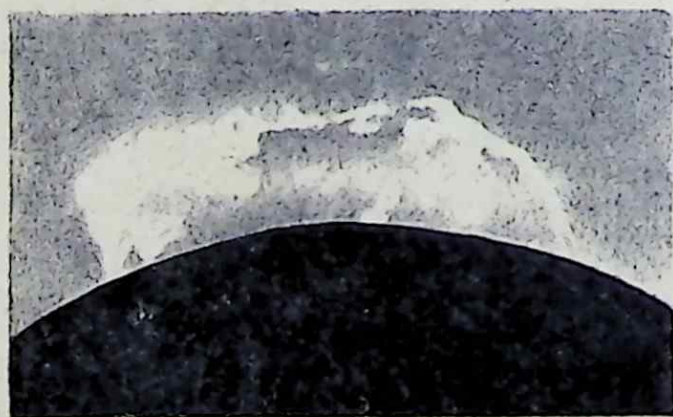
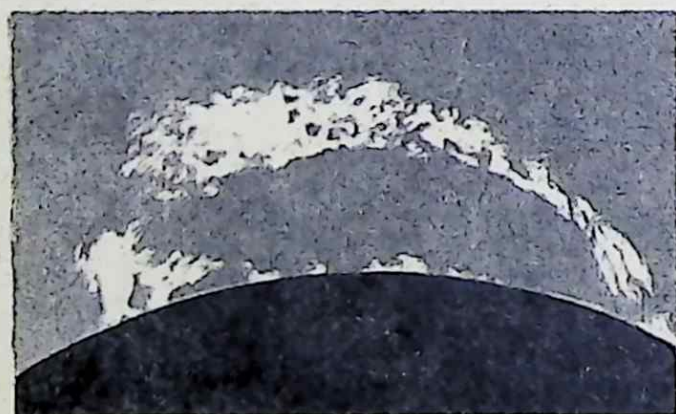
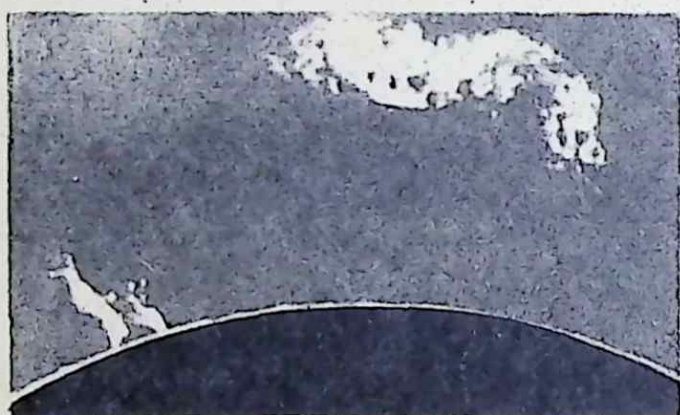
Кояш атмосферасында магнит кыры гаять зур роль уйный плазма хәрәкәтенә, аның тыгызлыгына һәм температурасына көчле тәэсир ясый. Атап әйткәндә; факелларда фотосфераның яктылыгы арту, ә таплар өлкәсендә аның шактый кимүе (10 тапкырга кадәр) тиндәшле рәвештә конвектив хәрәкәтләрнең көчсез магнит кырында артуы, ә индукциясе зур булган магнит кырында нык көчсезләнүе нәтижәсендә була.

Фотосфера эссерәк һәм шунлыктан яктырак күренгән генә, ягъни контраст булганга гына, таплар карарак тоела. Таплар-

дагы температура 3700 К чамасы, шуңа күрә тап спектрында иң гади ике атомлы молекулаларның: CO, TiO, CN, CN һ. б. ларның йотылу полосалары бар. Эссерәк фотосферада алар атомнарға таркала.

Факеллар өстендәге хромосфера катлавы, температурасы һәм тыгызлыгы зуррак булу сәбәпле, яктырак була. Таплар төркемдә бара торган зур үзгәрешләр вакытында кайчагында зур булмаган өлкәдә хромосфера кабынышлары барлыкка килә: кинәт, 10—15 мин эчендә хромосфера бик нык яктыра башлый, зур көч белән газ агынтылары чыгарып ташлана, кайнар плазма агышының тизлегә арта. Кайбер очракларда корыл-

71. Протуберанец үзгәрешләре
(1 сәг 41 мин — түбәнгә, 2 сәг 57 мин — уртадагы, 5 сәг 33 мин — югарыдагы рәсем).



малы аерым кисәкчекләр шулкадәр тизләнеп хәрәкәт итәләр, алар энергиянең бик зур кыйммәтенә ия булалар. Гадәттә мондый вакытта Кояш радионурланышының егәрлегә миллион тапкырлар арта (радионурланыш бозылышлары).

Тажда тагын да зуррак күләмдәге актив урыннар — протуберанецлар күзәтелә. Алар формалары һәм хәрәкәт характеры буенча гадәттән тыш төрле һәм тажматдәсеннән шактый тыгыз булган газ болытыннан гыйбарәт (71 нче рәсем). Протуберанецларның формасы һәм хәрәкәте фотосферадан тажга үтеп керә торган магнит кырларына бәйле.

4. Кояш — Жир бәйләнешләре. Кояш Жирдә бара торган күренешләргә гаять зур йогынты ясый. Аның кыска дулкынлы нурланышы Жир атмосферасының өске катлауларындагы бик мөһим физик-химик процессларны билгели.

Күренэ торган нурлар һәм инфракызыл нурлар Жирне нигездә жылылык белән «тээмин итүчеләр» булып санала. Дөньядагы төрле илләрдә, шул исәптән безнең илдә дә, Кояш энергиясен халык хужалыгы һәм промышленность максатларында (электр энергиясе алу, биналарны жылыту һ. б. өчен) кимрәк куллану буенча эш алып барыла. Киләчәктә турыдан-туры Кояш нурланышы энергиясен куллану үзеннән-үзе артачак.

Кояш жирне яктыртып кына калмый, аны жылыта да. Кояш активлыгы күренешләре күп кенә геофизик күренешләрнең килеп чыгуы белән бергә бара. Кабынышлар вакытында тизләтелгән корылмалы кисәкчекләр агышы, Жирнең магнит кырына тәэсир итеп, анда магнит өермәләре тудыра, ә болары, үз нәүбәтендә, корылмалы кисәкчекләрнең атмосфераның түбәнрәк катлауларына үтеп керүен тээмин итә һәм поляр балкышларның килеп чыгуына сәбәп була. Кояшның кыска дулкынлы нурланышы Жир атмосферасының (ионосфераның) корылмалы өске катлауларының ионлашуын көчәйтә, ә бу, үз чиратында, радио-дулкыннарның таралуына көчле йогынты ясап, кайвакыт радиоэлементлар булдырырга комачаулый. Кояштагы актив процесслар Жирнең атмосферасына һәм магнит кырына тәэсир итеп, күпмедер дәрәжәдә читләтеп хайваннар һәм үсемлекләр дөньясына да — органик дөньяның катлаулы процессларына — тәэсир итүе белән. Хәзерге вакытта бу тәэсирләр һәм аларның механизмы галимнәр тарафыннан өйрәнелә.

19 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Әгәр гади күз 2—3' тан да кечкенә булмаган почмак белән күренэ торган эйберләргә аера алса, Кояшта Жир зурлыгындагы тапны гади күз белән (кара фильтр аша) күрәп булырмы?
2. Яктылыгы температураның дүртенче дәрәжәсенә пропорциональ һәм фотосфераның температурасы 6000 К дип исәпләп, Кояш табының яктылыгы фотосфера яктылыгынан 10 тапкыр кимрәк булганда, аның температурасын исәпләп чыгарыгыз.

11 НЧЕ БИРЕМ

1. Кояш табының мәйданын табыгыз (68 нче рәсемне кара). (Тагын сулдарак түбәндәге кара түгәрәк Жир шарының фоторәсем масштабы белән алынган зурлыгына туры килә.)
2. Протуберанецның өч фоторәсемдәге торышын үлчәп, күтәрелү тизлеген км/с ларда табыгыз (71 нче рәсемне кара). (Фоторәсемнең масштабын табу өчен, рәсемдә күрсәтелгән сегменты буенча Кояшның радиусын билгеләгез.) Бу протуберанецның хәрәкәте тигез хәрәкәт булырмы?

23. ЙОЛДЫЗЛАРГА КАДЭР ЕРАКЛЫКНЫ БИЛГЕЛӘУ. АЛАРНЫҢ ТӨП ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРЫ.

Йолдызлар — Галәмдә иң күп таралган күк жисемнәренән бер төрө. 6 нчы йолдызча зурлыкка кадәр зурлыктагы йолдызлар 6000 гә яқын, 11 нче йолдызча зурлыкка кадәргеләре яқынча бер миллион, ә 21 нче йолдызча зурлыкка кадәргеләре бөтен күк йөзөндә 2 млрд. чамасы дип исәпләнә.

Алар барысы да, Қояш кебек үк, үзләреннән гаять зур энергия чыгара һәм үзлегеннән яктыра торган кайнар газ шарлары. Йолдызлар бездән бик ерак булганлыктан, хәтта иң көчле телескоптан караганда да алар якты нокта рәвешендә генә күренә.

1. Еллык параллакс һәм йолдызларга кадәр ераклык. Йолдызларның параллактик тайпылышларын һәм аларга кадәр ераклыklarны үлчәү өчен Жирнең радиусын базис итеп алсак, ул бик кечкенә була. Коперник заманында ук Жир чыннан да Қояш тирәсендә әйләнәп йөрсә, күктә йолдызларның күренмә торышы үзгәрергә тиеш дигәннәр. Жир ярты ел эчендә үз орбитасының диаметры кадәр ераклыкка күчә. Бу орбитаның капма-каршы нокталарынан нинди дә булса йолдызга карата юнәлешләр бер-берсеннән аерылырга тиеш. Икенче төрлө әйткәндә, йолдызларның еллык параллакслары сизелергә тиеш (72 нче рәсем).

Йолдыздан караганда Жир орбитасының күрү нурына перпендикуляр булган зур ярымкүчәренен (а. б. кә тигез) күренү почмагы йолдызның еллык параллаксы (p) дип атала.

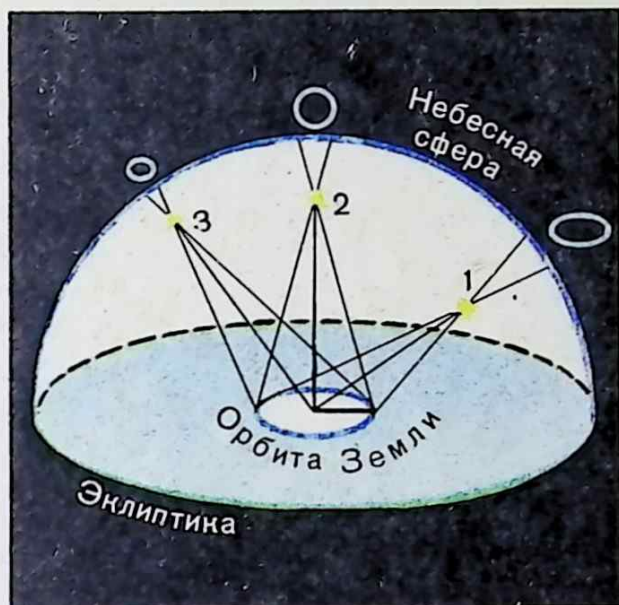
Йолдызга кадәр ераклык D зуррак булган саен, аның параллаксы кечерәк була. Әгәр йолдыз эклиптика полюсында булса, күк йөзөндә йолдызның бер ел эчендәге торышының параллактик тайпылышы кечкенә эллипс яки түгәрәк буенча күчә (72 нче рәсемне кара).

Йолдызларның параллаксын Коперник белергә омтылып караган, ләкин таба алмаган.

Коперник, бу — йолдызларның Жирдән бик ерак булу нәтижәсе, дигән һәм, Жир орбитасының диаметрын базис итеп алып, ул вакыттагы приборлар белән йолдызларның параллактик тайпылышларын күреп булмавын бик дөрес аңлаткан.

Йолдызның еллык параллаксы беренче мәртәбә 1837 елда күренекле рус галиме В. Я. Струве тарафыннан ышанычлы рәвештә үлчәнгән. Ул Вега йолдызының еллык параллаксын үлчә-

гән. Бер үк вакытта диярлек башка илләрдә тагын ике йолдызның параллаксын үлчәгәннәр. Аларның берсе Центаврның α сы булган. Бу йолдыз СССРда бөтенләй күренми. Аның еллык параллаксы $p=0,75''$ ка тигез һәм ул безгә иң якын йолдыз булып чыккан. 1 мм юанлыгындагы тимерчыбык 280 м дан караганда гади күзгә шундый почмак белән күренә. Шуңа күрә йолдызларның бик кечкенә почмакча тайпылышларын озак еллар күрә алмаулары бер дә гажәп түгел.



72. Йолдызларның еллык параллаксы.

Йолдызга кадәр ераклык $D = \frac{a}{\sin p}$, монда a — Жир орбитасының зур ярымкүчәре. Әгәр p дуга секундларында күрсәтелсә, почмак бик кечкенә булганда $\sin p = \frac{p''}{206265''}$. Ул вакытта $a=1$ а. б. дип алып, табабыз:

$$D_{\text{а. б.}} = \frac{206265''}{p}.$$

Иң якын йолдыз центавр α сына кадәр ераклык $D=206\,265'' : 0,75'' = 270\,000$ а. б. була. Яктылык бу ераклыкны 4 елда үтә, ә Кояштан Жиргә 8 минутта, Айдан 1 секундта килеп җитә.

Яктылык бер ел эчендә үткән ераклык яктылык елы дип атала. Бу берәмлек парсек (пк) кебек үк ераклыкны үлчәү өчен кулланыла.

Парсек — Жир орбитасының күрү нурына перпендикуляр булган зур ярымкүчәре $1''$ почмак белән күренә торган ераклык ул.

Парсекларда аңлатылган ераклык дуга секундлары белән алынган еллык параллакстың кире зурлыгына тигез. Мәсәлән, Центавр α сы йолдызына кадәр ераклык $0,75''$ ($3/4''$) ка яки $4/3$ пак ка тигез.

1 парсек = 3,26 яктылык елы = $206\,265$ а. б. = $3 \cdot 10^{13}$ км.

Хәзерге вакытта еллык параллаксты үлчәү йолдызларга кадәр

ераклыкны билгеләүдә төп ысул булып тора. Күп йолдызларның параллакслары үлчәнгән инде.

Еллык параллаксларын үлчәп, 100 пк тан яки 300 яктылык елыннан ерак булмаган йолдызларның ераклыкларын ышанычлы рәвештә билгеләргә мөмкин.

? *Ни өчен тагын да ераграк йолдызларның еллык параллаксларын төгәл үлчәп булмый?*

Ераграк йолдызларга кадәр булган араны кайвакыт башка юллар белән дә табып була (§ 25.1 не кара).

2. Күренмә һәм абсолют йолдызча зурлык. Йолдызларның яктыртучанлыгы. Астрономнар йолдызларга кадәр ераклыкны үлчәү мөмкинлеген тапканнан соң, йолдызлар күренмә яктылыклары буенча ераклыклары төрле булганга гына түгел, бәлки яктыртучанлыклары төрле булу нәтижәсендә дә берберсеннән аерылуы ачыкланды.

Йолдызның яктылык энергиясе нурланышы егәрлегенең Кояшның яктылык нурланышы егәрлегенә карата чагыштырмасы йолдызның яктыртучанлыгы (L) дип атала.

Әгәр ике йолдызның яктыртучанлыклары бертөрле булса, бездән ераграгының күренмә яктылыгы кимрәк булыр. Йолдызларның бер үк стандарт ераклык өчен күренмә яктылыгын (йолдызча зурлыгын) исәпләп чыгарганда гына, аларны яктыртучанлыгы буенча чагыштырырга мөмкин. Астрономиядә 10 пк ны шундый ераклык дип исәпләү кабул ителгән.

Бездән стандарт $D_0 = 10$ пк ераклыкта булган йолдызның безгә күренергә тиешле йолдызча зурлыгы аның абсолют йолдызча зурлыгы (M) дип атала.

Йолдызга кадәр ераклык D (яки аның параллаксы p) билгеле булганда, йолдызларның күренмә һәм абсолют йолдызча зурлыклары арасындагы микъдари бәйләнешне карыйк. 5 күренмә йолдызча зурлык аермасы төгәл 100 тапкыр зуррак яктылык аермасына туры килүен искә төшерик (§ 3.2 не кара). Шулай булгач, ике яктылык чыганагының берсе икенчесеннән нәкъ

ү 100 тапкыр яктырак булганда, аларның күренмә йолдызча зурлык аермасы берәмлеккә тигез була (бу зурлык якынча 2,512 гә тигез). Яктылык чыганагы яктырак булган саен, аның күренмә йолдызча зурлыгы кечерәк була. Гомумән алганда, теләсә нинди ике йолдызның күренмә яктылык дәрәжәсе чагыштыр-

масы $L_1 : L_2$ аларның күренмә йолдызча зурлыклары m_1 һәм m_2 нең аермасы белән

$$I_1 : I_2 = 2,512^{m_2 - m_1}$$

бәйлелегендә була. D ераклыктагы йолдызның күренмә йолдызча зурлыгы m булсын. Әгәр ул $D_0 = 10$ пк ераклыктан күзәтелсә, аның күренмә йолдызча зурлыгы m_0 билгеләмә буенча абсолют йолдызча зурлыгы M га тигез булыр иде. Ул вакытта аның күренмә яктылыгы

$$I : I_0 = 2,512^{M - m} \quad (1)$$

тапкыр үзгәрер иде.

Шул ук вакытта йолдызның күренмә яктылыгы аңа кадәр ераклык квадратына кире пропорциональ үзгәрүе билгеле. Шуңа күрә

$$I : I_0 = D_0^2 : D^2. \quad (2)$$

Димәк,

$$2,512^{M - m} = D_0^2 : D^2. \quad (3)$$

Логарифмлап, табабыз:

$$0,4 (M - m) = \lg 10^2 - \lg D^2, \text{ яки}$$

$$M = m + 5 - 5 \lg D, \text{ яки} \quad (4)$$

$$M = m + 5 + 5 \lg p, \quad (5)$$

p — дуга секундлары белән күрсәтелгән.

Йолдызның күренмә зурлыгы m һәм аңа кадәр чын ераклык D билгеле булганда, бу формулалардан йолдызның абсолют зурлыгы M ны табарга мөмкин. 10 пк ераклыктан безнең Кояш 5 нче йолдызча зурлыктагы йолдыз кебек күренер иде, ягъни Кояш өчен $M_{\odot} \approx 5$.

Нинди дә булса йолдызның абсолют йолдызча зурлыгы M ны белеп, аның яктыртучанлыгы L ны жиңел исәпләп чыгарырга була. Кояшның яктыртучанлыгы $L_{\odot} = 1$ дип алып, яктыртучанлыкның билгеләмәсе буенча язарга мөмкин:

$$L = 2,512^{5 - M}, \text{ яки } \lg L = 0,4 (5 - M).$$

M һәм L зурлыклары төрле берәмлекләрдә йолдызның нурланыш егәрлеген аңлата.

Йолдызларны тикшерү яктыртучанлыклары буенча аларның

бер-берсеннән уннарча миллиард тапкыр аерылырга мөмкин икәннән күрсәтте. Йолдызча зурлыкта бу аерма 26 берәмлеккә житә.

Бик якты йолдызларның абсолют зурлыклары тискәре һәм $M = -9$ га житә. Андый йолдызларны гигантлар һәм супергигантлар дип атыйлар. Алтын Балыкның S йолдызы Кояшка караганда 500 000 мәртәбә яктырак, аның яктыртучанлыгы $L = 500\,000$ гә тигез, $M = +17$ һәм $L = 0,000013$ булган кызыл кәрлә йолдызларның нурланыш егәрлеге иң кечкенә.

Йолдызларның яктыртучанлыгындагы зур аерманың сәбәпләрен аңлау өчен, аларның нурланышына анализ ясау нигезендә билгеләргә мөмкин булган характеристикаларын карарга кирәк.

3. Йолдызларның төсө, спектры һәм температурасы. Күзәтүләр вакытында сез йолдызларның төрлө төстә булуына игътибар иттегез. Бу аларның яктыракларында ачыграк беленде. Кыздырыла торган жисемнең, шул исәптән йолдызның да, төсө аның температурасына бәйле. Бу аның тоташ спектрында (§ 14.3 не кара) энергия бүленеше буенча йолдызларның температурасын билгеләргә мөмкинлек бирә.

Йолдызларның төсө һәм спектры аларның температураларына бәйле. Чагыштырмача салкын йолдызларның спектрында кызыл нурланыш өстенлек итә, шул сәбәпле аларның төсө дә кызыл. Кызыл йолдызларның температурасы түбән була. Кызыл йолдыздан эзлекле рәвештә кызгылт-сары, аннары сары, саргылт, ак, зәңгәрсу йолдызларга күчкән саен температура да арта бара. Йолдызларның спектры чиктән тыш күп төрлө. Алар латин хәрефләре һәм цифрлары белән тамгаланган классларга бүленгән (китап ахырындагы форзацны кара). Температурасы 3000 К чамасы булган *M* классындагы салкын кызыл йолдызларның спектрында ике атомлы гади молекулаларның, барынан да бигрәк титан оксидының, йотылу сызыклары күренә. Башка кызыл йолдызларның спектрында углерод һәм цирконий оксидлары күбрәк. *Антарес*, *Бетельгейзе* — *M* классындагы беренче зурлыктагы кызыл йолдызлар.

G классындагы сары йолдызларның спектрында (өслек температурасы 6000 К булган Кояш та шундыйларга керә) тимер, кальций, натрий һ. б. ш. металлларның нәзек сызыклары күбрәк. Йөкче йолдызлыгындагы якты *Капелла* — спектры, төсө һәм температурасы буенча Кояш тибындагы йолдыз.

Сириус, Вега һәм Денеб кебек *A* классындагы ак йолдызларның спектрларында водород сызыклары ачыграк. Аларда ионлашкан металлларның тонык сызыклары да күп. Мондый йолдызларның температурасы 10 000 К га җитә.

Температурасы 30 000 К булган тагын да эссерәк, зәңгәрсу йолдызларның спектрларында нейтраль һәм ионлашкан гелий сызыклары да күренә.

Күпчелек йолдызларның температурасы 3000 К белән 30 000 К арасында. Йолдызларның бик азында гына температура 100 000 К чамасы.

Шулай итеп, йолдызларның спектрлары бер-берсеннән нык аерылалар һәм алар буенча йолдыз атмосферасының химик составын, температурасын билгеләп була. Спектрларын өйрәнү барлык йолдызларның атмосферасы күбрәк водород һәм гелийдан торганлыгын күрсәтте.

Йолдыз спектрларындагы аерымлык, аларның химик составындагы төрлелектән дә бигрәк, йолдыз атмосферасындагы температураның һәм башка физик шартларның аерымлыгы белән аңлатыла. Югары температурада молекулалар атомнарға таркалалар. Тагын да югарырак температурада бәйләнешләре бик үк нык булмаган атомнар, электроннарын югалтып, ионнарға әвереләләр. Күп кенә химик элементларның ионлашкан атомнары, нейтраль атомнар кебек үк, билгеле бер дулкын озынлыгындагы энергия тараталар һәм йоталар. Бер үк химик элементның атомнары һәм ионнары йотылу сызыкларының интенсивлыгын чагыштырып, теоретик юл белән аларның чагыштырма микъдарын табалар. Ул температурадан функция була. Мәсәлән, йолдызларның спектрындагы караңгы сызыклар буенча, аларның атмосферасының температурасын билгеләргә була.

Температуралары һәм төсләре бертөрле, ләкин яктыртучанлыклары төрле булган йолдызларның спектрлары гомумән алганда бертөрле, шулай да кайбер сызыкларда чагыштырма интенсивлыкның аерымлыгын искәргә мөмкин. Бу бер үк температурада аларның атмосферасындагы басымның төрле булуынан килә. Мәсәлән, гигант йолдызларның атмосферасы сирәгрәк һәм анда басым азрак. Бу бәйлелекне графикта сурәтләгәндә, сызыкларның интенсивлыгы буенча йолдызның абсолют зурлыгын табарга, ә аннары (4) формула буенча аңа кадәр ераклыкны билгеләргә мөмкин.

МЭСЬЭЛЭ ЧИШҮҮРНЭГЭ

Мэсьэлэ. Чаян ξ сының күрэнмэ йолдызча зурлыгы 3 кэ, э аңа кадэр ераклык 7500 яктылык елына тигез булса, йолдызның яктыртучанлыгы нинди?

Бирелгән:

Чишү:

$$m = 3$$

$$D = 7500 \text{ якт. елы}$$

$$L = ?$$

$$\lg L = 0,4 (5 - M).$$

$M = m + 5 - 5 \lg D$, биредә D парсекларда күрсәтелгән. $D_{\text{пк}} = 7500 \text{ якт. елы} : 3,26 \text{ якт. елы} = 2300 \text{ пк.}$

$$\text{Ул вакытта } M = 3 + 5 - 5 \lg 2,3 \cdot 10^3 = -8,8.$$

$$\lg L = 0,4 [5 - (-8,8)] = 5,52.$$

$$\text{Моннан } L = 3,3 \cdot 10^5.$$

$$\text{Жавап: } L = 3,3 \cdot 10^5.$$

20 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Сириус Альдебараннан ничә мәртәбә яктырак? Кояш Сириустан яктыракмы?
2. Бер йолдыз икенчесенән 16 тапкыр яктырак. Аларның йолдызча зурлыклары аермасы нәрсәгә тигез?
3. Веганың параллаксы $0,11''$. Аннан Жиргә кадәр яктылык күпме вакыт эчендә килә?
4. Вега 2 тапкыр якынарак булсын өчен, Лира йолдызлыгы юнәлешендә 30 км/с тизлек белән ничә ел очарга кирәк булыр иде?
5. Йолдызча зурлыгы 3,4 булган йолдыз күрэнмә йолдызча зурлыгы — 1,6 булган Сириустан ничә мәртәбә тоныграк? Бу йолдызларның һәр икесенә кадәр ераклык 3 пк булса, бу йолдызларның абсолют зурлыклары күпмегә тигез?
6. Кушымтада китерелгән спектрының классына карап, IV таблицадагы һәр йолдызның төсен әйтегез.

24. ЙОЛДЫЗЛАРНЫҢ МАССАЛАРЫ ҺӘМ ҮЛЧӘМНӘРЕ

1. Куш йолдызлар. Йолдызларның массалары. Без Кояш мисалында йолдызларның массалары алардагы физик шартларны билгеләүче иң мөһим характеристикаларның берсе булуын күрәткән. Бары тик куш йолдызларның гына массаларын турыдан-туры билгеләп була.

Әгәр йолдызларның куш булуларын турыдан-туры телескоптан күрергә мөмкин булса, алар визуаль-куш йолдызлар дип атала.

Зур Жидегәндә «Чүмеч сабы»ның ахырыннан икенче йолдыз ξ визуаль-куш йолдызга мисал булып тора. Аны гади күз белән күрергә мөмкин. Әгәр күзегез нормаль булганда, аңа бик якын торган кечкенә икенче бер тонык йолдыз күрерсез. Аңа инде бо-

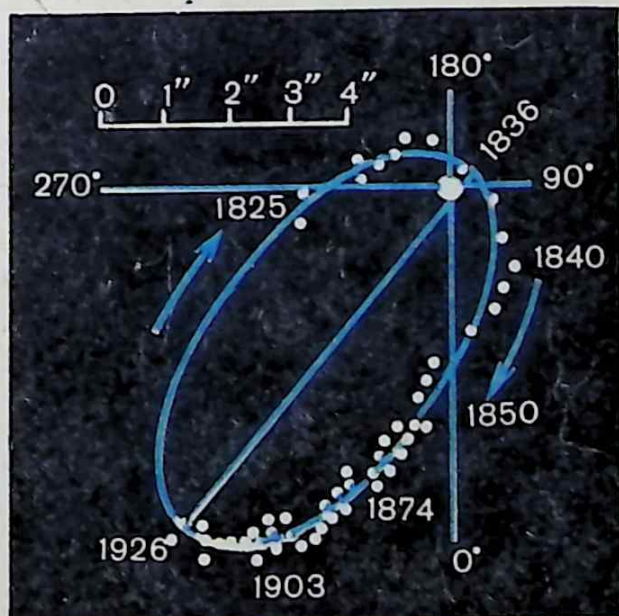
рынгы гарәпләр үк игътибар иткән булганнар пәм *Алькор* (Жай-дак) дип атаганнар. Йолдызның яктысын алар *Мицар* дип исемләгәннәр. Мицар һәм Алькор бер-берсеннән 11' ераклыкта торалар. Бинокль аша караганда мондый парлы йолдызларны шактый күп табарга мөмкин.

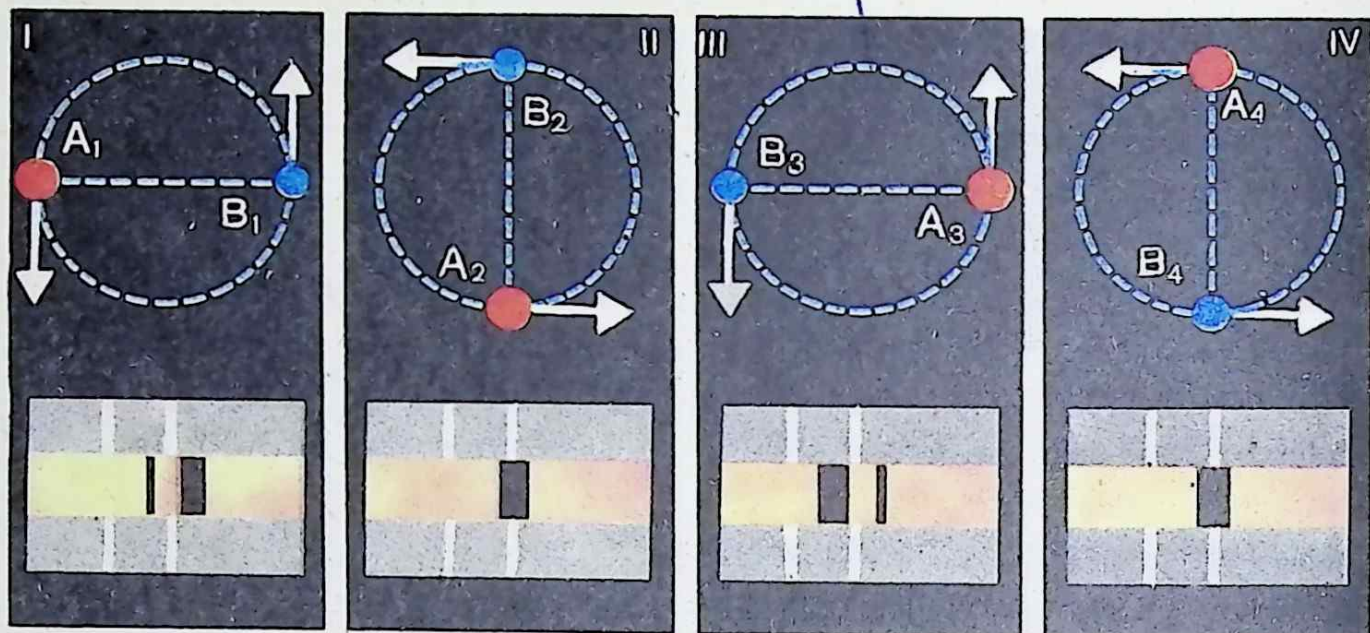
Йолдызлар саны $n \geq 3$ булган системаларны *кабатлы йолдызлар* дип атыйлар. Мәсәлән, бинокльдән караганда *Лираның еы* 4 нче йолдызча зурлыктагы бер-берсеннән 3' ераклыкта булган ике бердәй йолдыздан тора. Телескоптан караганда *Лираның еы* — визуаль дүрт йолдыз. Ләкин *визуаль-куш* йолдызларның күбесе *оптик-куш* йолдызлар булып чыга, ягъни андый ике йолдызның якын торуы аларның күк йөзенең очраклы проекциясә нәтижәсә генә. Чынлыкта исә пространствода алар бер-берсеннән ерак торалар. Әгәр күзәткәндә йолдызларның бердәм система хасил итүләре һәм уртақ массалар үзәгә тирәсендә үзара тартылу көче тәэсирендә әйләнүләре ачыкланса, аларны *физик куш йолдызлар* дип атыйлар.

Күренекле рус галиме В. Я. Струве күп кенә куш йолдызларны ачкан һәм өйрәнгән. Визуаль-куш йолдызларның безгә билгеле булган иң кыска әйләнү периоды — берничә ел. Шулай ук әйләнү периоды уннарча ел булган пар йолдызлар да өйрәнелгән, ә йөзәр ел периодлы парлы йолдызлар киләчәктә өйрәнелер. Безгә иң якын торган *Центаврның α сы* — куш йолдыз. Бу йолдызларның аның компонентларының) әйләнү периоды 70 ел. Бу пардагы һәр ике йолдыз үзләренең массасы һәм температурасы белән *Кояшка* охшый.

Гадәттә, төп йолдыз иярчен сызган эллипсның фокусында булмый, чөнки без аның орбитасын проекциядә дәрәс күрмибез (73 нче рәсем). Ләкин геометрияне белү безгә аның чын орбитасын төзәргә һәм

73. Куш йолдыз (*Кыз йолдызлыгының ү сы*) иярчененең бездән 10 пк ераклыктагы төп йолдызга карата орбитасы. (Нокталар иярченең кайбер елларда үлчәнгән торышларын күрсәтә. Аларның эллипстан чытта урнашуы үлчәгәндәге төгәлсезлекләрдән килеп чыккан.)





74. Спектраль-куш йолдызларның спектрларында сызыкларның икогә аерылуын яки тирбәлүен аңлату.

ярымкүчәрән (a) дуга секундларында үлчәргә мөмкинлек бирә. Әгәр куш йолдызга кадәр ераклык D парсекларда билгеле булса һәм иярчен йолдыз орбитасының секундлар белән үлчәнгән зур ярымкүчәре a'' ка тигез булса, астрономик берәмлекләрдә ул түбәндәгечә була:

$$A_{a. б.} = a'' \cdot D_{пк}, \text{ яки } A_{a. б.} = \frac{a''}{p''},$$

чөнки $D_{пк} = 1/p''$.

Йолдыз иярчененең хәрәкәтен Жирнең Кояш тирәсендәге хәрәкәте (әйләнү периоды $T_{\oplus} = 1$ ел, ә орбитасының зур ярымкүчәре $a_{\oplus} = 1$ а. б. булганда) белән чагыштырып, без Кеплерның III законы буенча:

$$\frac{m_1 + m_2}{A^3} T^2 = \frac{M_{\odot} + M_{\oplus}}{1^3} 1^2$$

дип яза алабыз. Биредә m_1 һәм m_2 — парлы йолдызларда компонентлар массасы, $M_{\odot}$ һәм $M_{\oplus}$ — Кояш һәм Жир массалары, ә T — пар йолдызларның еллар белән исәпләнгән әйләнү периоды. Кояш белән чагыштырганда Жир массасы бик кечкенә булганлыктан, аны төшереп калдырып, парлы йолдызларның массалары суммасын Кояш массасы аша табабыз:

$$m_1 + m_2 = A^3 : T^2.$$

Һәр йолдызның массасын аерым табу өчен, аның компонентларының үзләре тирәсендәге йолдызларга карата хәрәкәтен өйрәнәр-

гә һәм массаларның гомуми үзәгенә кадәр A_1 һәм A_2 ераклыктарын исәпләргә кирәк. Ул вакытта икенче тигезләмә килеп чыга:

$$m_1 : m_2 = A_2 : A_1.$$

Ике тигезләмә системасыннан һәр йолдызның массасын табабыз.

Куш йолдызларны телескоптан караганда, еш кына гажәеп матур күренеш күзәтергә мөмкин: төп йолдыз сары яки кызгылт-сары, ә иярчене ак яки зәңгәр төстә була.

Әгәр куш йолдызларның компонентлары үзара әйләнгәндә бер-берсенә бик якин килсәләр, аларны бик көчле телескоп аша караганда да аерым күрәләр булмый. Бу очракта аларның ике икәнлеген спектр буенча билгеләргә мөмкин. Мондый йолдызларны *спектраль-куш йолдызлар* дип атайлар. Доплер эффекты нәтижәсендә йолдыз спектрларында сызыклар капма-каршы якларга тайпылырлар (берсе бездән ераклашканда, икенчесе безгә якынлашканда). Сызыкларның тайпылышы парларның әйләнү периодына тигез период белән үзгәрер. Әгәр бер парны тәшкил итүче йолдызларның яктылыгы һәм спектрлары охшаш булса, *куш йолдызның спектрында спектр сызыкларының периодик рәвештә икегә аерылуы күзәтелә* (74 нче рәсем). Куш йолдызның компонентлары A_1 һәм B_1 яки A_3 яки B_3 торышларын алсын ди, ул вакытта аларның берсе күзәтүчегә таба, икенчесе күзәтүчедән читкә таба хәрәкәт итәр (74 нче рәсем, I, III). Бу очракта спектр сызыкларының икегә аерылуы күзәтелә. *Якынлашучы йолдызның спектр сызыклары спектрының зәңгәр очына таба, ә ераклашучысыныкы — кызыл очка таба тайпылыр.* Куш йолдызларның компонентлары A_2 һәм B_2 яки A_4 һәм B_4 торышларын алса (74 нче рәсем, II, IV), ул вакытта алар икеседә күрү нурына туры почмак ясап хәрәкәт итәрләр һәм спектр сызыклары икегә аерылмас.

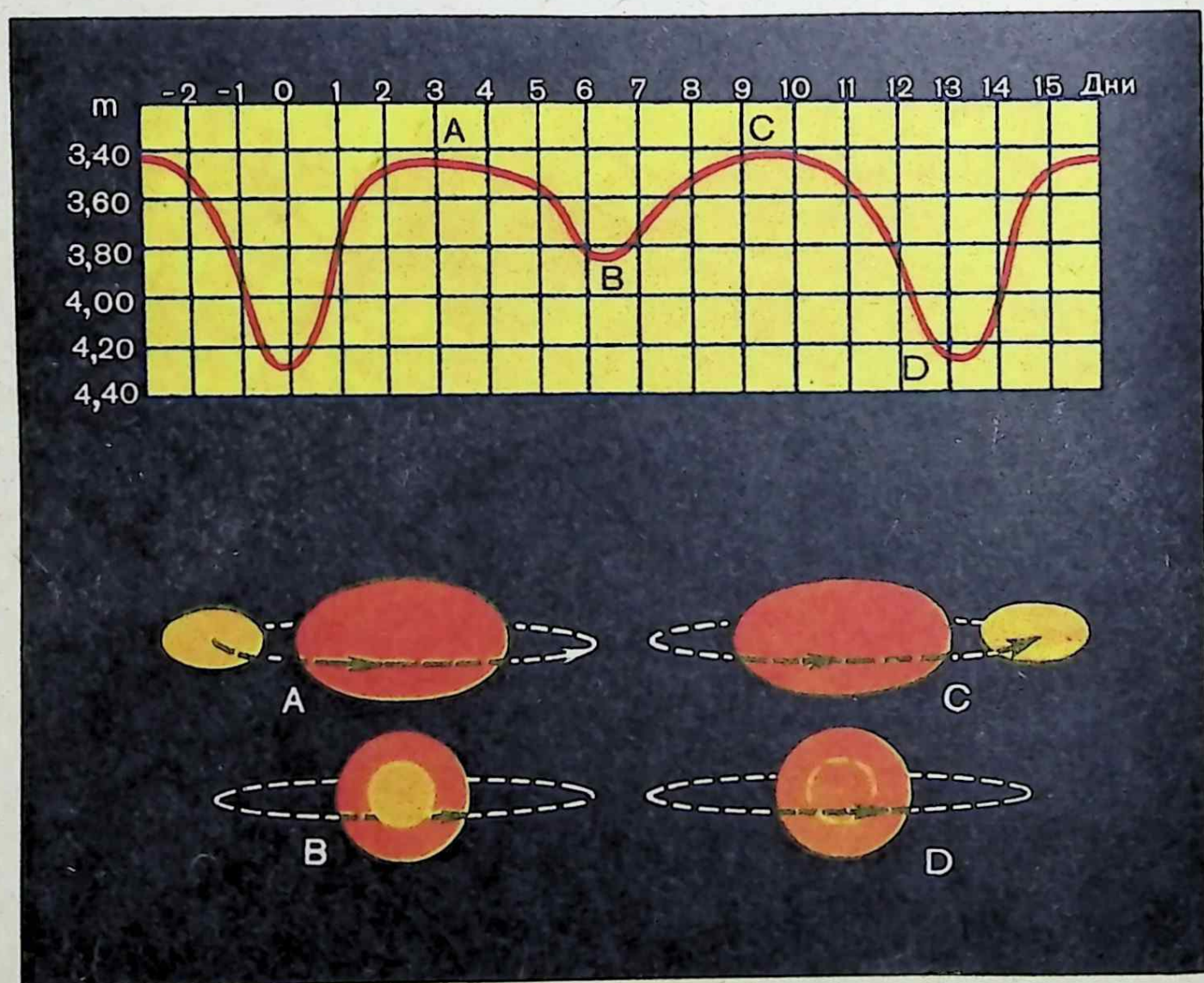
Әгәр йолдызлардан берсененң яктыртуы тонык булса, периодик рәвештә тайпыла торган икенче йолдызның гына сызыклары күренәчәк.

Спектраль-куш йолдызларның компонентлары үзара әйләнгәндә чиратлап бер-берсен каплаулары мөмкин. Андый йолдызларны *тотылышлы-куш йолдызлар* яки шундый йолдызларның типик вәкиле булган Персей β сының исеме буенча *алгольләр* дип атайлар. Йолдыз тотылу вакытында безгә аерым-аерым күренми торган бу йолдыз парларының гомуми яктырышы ки-

мер (75 нче рәсемдә *B* һәм *D* торышлары). Тотылышлар арасында исә яктырышлар даими булачак (*A* һәм *C* торышлары) һәм тотылу вакыты кыскарак, орбитаның радиусы зуррак булган саен, бу даимилек озаграк дәвам итәр. Әгәр иярчен зур булып, үзе яктылыкны аз бирсә, якты йолдыз аны каплаган вакытта системаның суммар яктылыгы аз үзгәрә.

Борынгы гарәпләр Персей β сына Алголь (иблис мәгънәсендәге «әл гуль» сүзеннән бөзып алынган) дип исем биргәннәр. Мөгаен, алар бу йолдызның сәер рәвештә үзгәрәп торуын күргәннәрдер: Алгольнең яктырышы 2 көн 11 сәг даими була, аннары 5 сәг эчендә 2,3 йолдызча зурлыктан 3,5 йолдызча зурлыкка кадәр кими, аннан соң 5 сәг эчендә аның яктырышы элекке хәленә кайта.

75. Лира β сының күренмә яктылыгының үзгәрешләре һәм аның иярчененең хәрәкәт схемасы. (Бер-берсенә якин урнашкан йолдызларның формалары күтөрелешләр рәвешендәгә тәэсирлешүләр нәтижәсендә сферик формадан нык аерылуы мөмкин.)



Вакыт функциясе буларак күренмә йолдызча зурлык үзгәрешен күрсәтүче кәкрегә анализ ясап, йолдызларның зурлыгын һәм яктылыгын, орбиталарының зурлыгын, формасын һәм күрү нурына авышлыгын, шулай ук йолдызларның массасын белергә мөмкин. Шулай итеп, спектраль-куш йолдызлар буларак та күзәтелә торган тотылышлы-куш йолдызлар иң яхшы өйрәнелгән системалардан исәпләнә. Кызганычка каршы, андый системалар хәзергә аз билгеле.

Билгеле булган спектраль-куш йолдызларның һәм алгольләрнең периодлары, нигездә, бик кыска — берничә тәүлек чамасы гына.

Гомумән алганда, куш йолдызлар бик киң таралган күренеш. Статистика йолдызларның 30% ы диярлек куш йолдызлар булуын күрсәтә.

Йолдызларның югарыда тасвирланган методлар белән табылган массалары аларның яктыртучанлыклары белән чагыштырганда бик аз аерылалар: якынча 0,1 дән алып 100 Кояш массасына кадәр. Бик зур массалар гадәттән тыш сирәк очрый. Гадәттә йолдызларның массасы биш Кояш массасыннан кимрәк була.

Йолдызларның нәкъ массалары аларның, эчке катлауларына югары температура (10^7 К нан югарырак) хас булган аерым тип күк жисеме буларак, яшәвен тәмин итә. Мондый температурада водородның гелийга әверелүе бара торган төш реакцияләре күп йолдызларның алар тарафыннан таратыла торган энергия чыганагы булып тора. Масса кечкенә булганда күк жисеме эчендәге температура атом-төш реакциясе бару өчен кирәкле кыйммәткә ирешә алмый.

Хәзерге вакытта Галәмдә матдәләрнең химик составының үсеше башлыча йолдызлар аркасында килеп чыга һәм бара. Нәкъ аларның эчендә водородтан авыр химик элементларның синтезлануы кебек кайтма булмаган процесс бара.

мәсьәлә чишү үрнәге

Мәсьәлә. Куш йолдызның әйләнү периоды 100 ел. Күренмә орбитасының зур ярымкүчәре $a = 2,0''$, ε параллаксы $p = 0,05''$. Әгәр йолдызлар массалар үзәгеннән 1:4 чагыштырмасындагы ераклыкларда торсалар, аларның массалары суммасын һәм һәр йолдызның массасын табыгыз.

Бирелгән:

Чишү.

$$T = 100 \text{ ел}$$

$$a = 2,0''$$

$$p = 0,05''$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{4}$$

$$m_1 = ?$$

$$m_2 = ?$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{m_2}{m_1} \text{ булганлыктан, } \frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{4}.$$

Ул вакытта $m_1 = 4m_2$.

Кеплерның III законы буенча

$$m_1 + m_2 = A^3 : T^2, \text{ яки } 4m_2 + m_2 = A^3 : T^2, \text{ ягъни } 5m_2 = A^3 : T^2,$$

$$\text{ә } A_{\text{а. б.}} = \frac{a}{p}, \text{ әгәр } a \text{ һәм } p \text{ дуга секундларында күрсә-}$$

$$\text{телсә, } A_{\text{а. б.}} = \frac{2,0''}{0,05''} = 40 \text{ а. б.}$$

$$m_2 = \frac{40^3}{100^2 \cdot 5} \approx 1,28. \quad m_1 = 4 \cdot 1,28 = 5,12.$$

Ж а в а п: $m_1 = 5,12$ Кояш массасы, $m_2 = 1,28$ Кояш массасы.

21 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Орбитасының зур ярымкүчәре 0,85 а. б., ә әйләнү периоды 0,285 ел булса, Капелла куш йолдызының массалары суммасын табыгыз.
2. Әгәр Жир орбитасы буйлап массасы Кояш массасы кадәр булган йолдыз хәрәкәт итсә, аның әйләнү периоды күпмегә тигез булыр иде?
3. 80 нче рәсем буенча иярченнең әйләнү периоды, орбитасының зур ярымкүчәрен табыгыз, һәм компонентларының массалары суммасын исәпләп чыгарыгыз. Орбитасының зур ярымкүчәре рәсем яссылыгында ята дип исәпләргә.

2. Йолдызларның үлчәмнәре. Аларның матдэләренең тыгызлыгы. Бертигез температуралы йолдызларның, мәсәлән Кояш белән Капелланың (Йөкченең α сы), үлчәмнәрен ничек чагыштырырга мөмкин булуын гади генә бер мисалда күрсәтик. Бу йолдызларның спектрлары, төсләре һәм температуралары бертөрле, ләкин Капелланың яктыртучанлыгы Кояш яктыртучанлыгынан 120 тапкыр артыграк. Бер үк температурада йолдызларның өслек берәмлегенә туры килгән яктылыгы бердәй булганлыктан, Капелланың өслеге Кояш өслегеннән 120 мәртәбә зуррак, ә диаметры һәм радиусы Кояшныкынан $\sqrt{120} \approx 11$ мәртәбә зуррак булып чыга.

Нурланыш законнарын белү башка йолдызларның үлчәмнәрен билгеләргә мөмкинлек бирә.

Физикадан билгеле, булганча, жылытылган жисемнең 1 м² өслегеннән вакыт берәмлеге эчендә таралган тулы энергия $i = \sigma T^4$ гә тигез, монда σ — пропорциональлек коэффициенты,

э T — абсолют температура¹. Билгеле бер T температуралы йолдызларның сызыкча чагыштырма диаметрлары түбэндәге формуладан табыла:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \frac{4\pi r^2}{4\pi r_{\odot}^2} \cdot \frac{i}{i_{\odot}} = \left(\frac{r}{r_{\odot}}\right)^2 \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^4,$$

монда r — йолдызның радиусы; i — йолдыз өслеге берәмлегенен нурланышы; $r_{\odot}$, $i_{\odot}$, $T_{\odot}$ — Кояш өчен шундый ук зурлыклар, $L_{\odot} = 1$.

Моннан Кояш радиусларында $r = \sqrt{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^2$

Йолдызларның почмакча диаметрын йолдыз интерферометры дип аталган махсус прибор ярдәмендә үлчәү мөмкинлеге тугач, яктырткычларның үлчәмнәрен болай исәпләүнең дөреслеге тулысынча расланды.

Яктыртучанлыгы бик зур булган йолдызлар супергигантлар дип атала. Кызыл супергигантларның үлчәмнәре дә шулай ук бик зур (76 нчы рәсем). Бетельгейзе һәм Антаресның диаметры Кояш диаметрыннан йөзләргә тапкыр зуррак. Бездән тагын да ераграк булган Цефей VV сы шулкадәр зур, аның эчендә Кояш системасы үзенең Юпитер орбитасына кадәр булган планеталар орбиталары белән сыяр иде! Шуңа да карамас-тан, супергигантларның массалары Кояш массасыннан 30—40 мәртәбә генә зур. Нәтижәдә, кызыл супергигантларның хәтта уртача тыгызлыгы да бүлмә һавасы тыгызлыгынан меңгәчә мәртәбә кимрәк.

Яктыртучанлыклары бердәй булган йолдыз никадәр эссерәк булса, ул шулкадәр кечерәк була. Кызыл кәрлэләр — гадәти йолдызлар арасында иң кечкенәләре. Аларның массалары һәм радиуслары Кояшныкының унынчы өлешләре белән генә үлчәнә, ә уртача тыгызлыктары су тыгызлыгынан 10—100 мәртәбә зуррак. Ак кәрлэләр кызыл кәрлэләрдән дә кечерәк — болары инде гадәти йолдызлар түгел.

Безгә якын булган якты Сириусның (радиусы Кояш радиусынан ике тапкыр чамасы зуррак) үзе тирәсендә 50 еллык период белән әйләнеп йөрүче иярчене бар. Бу куш йолдызның ераклыгы, орбитасы һәм массасы яхшы билгеле. Йолдызларның икесе

¹ Стефан — Больцман законы австрия физиклары М. Стефан (эксперименталь рәвештә) һәм Л. Больцман тарафыннан ачыла,



76. Кояшның һәм төрлө типтагы йолдызларның чагыштырмача үлчәмнәре (рәсемнең өч өлешендә дә масштаб төрлө).

дә ак, температуралары бертигез диярлек. Димәк, бу йолдызлар бер үк майданлы өслектән бер үк микъдарда энергия бүлеп чыгаралар, ләкин иярченнең яктыртучанлыгы, Сириусныкына караганда, 10 000 мәртәбә кимрәк. Шулай булгач, аның радиусы

$\sqrt[3]{10\,000} = 100$ мәртәбә кечерәк, ягъни ул Жир зурлыгында диярлек. Хәлбуки, аның массасы Кояш массасы чамасында! Димәк, ак кәрләнең тыгызлыгы гаять зур — якынча 10^9 кг/м^3 . Мондый тыгызлыктагы газның булу мөмкинлегенә түбәндәгечә аңлатыла: гадәттә тыгызлыкка төш һәм электрон сүрүдән торган системаны төзүче атомнар зурлыгы чик куя. Йолдыз эчендәге бик югары температурада тулысынча ионлашу булганда, төш һәм электроннар бер-берсенә бәйсез рәвештә хәрәкәт итә башлыйлар. Өске катлауларның гаять зур басымы астында бу атом «кормалары», нейтраль газга караганда, ныграк кысылырга мөмкин. Билгеле бер шартларда атом төше тыгызлыгында йолдызларның да булуы теоретик яктан мөмкин дип исәпләнә.

Без ак кәрлеләр мисалында астрофизик тикшеренүләрнең матдэләр төзелеше турындагы мәгълүматларны киңәйтүен тагын бер тапкыр күрәбез; хәзергә лабораториядә йолдыз эчендәге кебек шартларны булдыру мөмкин түгел. Шуңа күрә астрономик күзәтүләр иң мөһим физик күзаллауларның үсешенә ярдәм итә. Мисал өчен Эйнштейнның чагыштырмалылык теориясенен физика өчен әһәмияте гаять зур. Аннан астрономик мәгълүматлар ярдәмендә генә тикшерергә мөмкин булган берничә нәтижә

килеп чыга. Шул нәтижәләрнең берсе түбәндәгедән гыйбарәт: бик көчле тартылу кырында яктылык тирбәнешләре экренәргә һәм, шуның нәтижәсе буларак, спектр сызыклары спектрның кызыл очына тайпылырга тиеш. Бу тайпылу йолдызның тарту кыры көчлерәк булган саен зуррак була. Кызыл тайпылыш Сириус иярчененең спектрында табылган. Ул аның өслегендәге көчле тарту кыры тәэсирендә килеп чыга. Күзәтүләр югарыда әйтелгәннәрне һәм чагыштырмалылык теориясенең күп кенә башка нәтижәләрен раслады. Физика һәм астрономиянең үзара тыгыз бәйләнгән күрсәтүче мондый мисаллар хәзерге фәндә еш очрый.

Мәсьәлә чишү үрнәге

Мәсьәлә. Арктурның яктыртучанлыгы 100, температурасы 4500 К булса, Арктур Кояштан ничә тапкыр зуррак?

Бирелгән: $L = 100$ $T = 4500 \text{ К}$ $T_{\odot} = 6000 \text{ К}$ $L_{\odot} = 1$ $\frac{r}{r_{\odot}} = ?$	Чишү. $\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{r}{r_{\odot}}\right)^2 \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^4, \text{ моннан}$ $\frac{r}{r_{\odot}} = \sqrt[4]{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^2$ $\frac{r}{r_{\odot}} = \sqrt[4]{100} : \left(\frac{4500 \text{ К}}{6000 \text{ К}}\right)^2 = 18.$
---	--

Ж а в а п: $\frac{r}{r_{\odot}} = 18$ тапкыр.

22 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Ригельнең параллаксы $0,0069''$ ка, күренмә йолдызча зурлыгы 0,34 кә тигез була, аның яктыртучанлыгы Кояштан ничә тапкыр күбрәк?
2. Кызыл төстәге супергигантның диаметры Кояш диаметрыннан 300 мәртәбә, ә массасы 30 мәртәбә зуррак булса, аның уртача тыгызлыгы күпме булыр?

25. ҮЗГӘРЕШЛЕ ҺӘМ СТАЦИОНАР БУЛМАГАН ЙОЛДЫЗЛАР

1. **Цефеидлар.** Сөзгә инде билгеле булганча, алголь системаларында күренмә яктылыкның үзгәрешләре йолдызларның үзләренә яктыртучанлыклары үзгәрүдән килеп чыкмый, ә аларның периодик рәвештә кабатлана торган тотылышларына бәйле. Шуның белән бергә, хәзерге вакытта яктыртучанлыклары реаль үзгәрә торган уннарча мең физик үзгәрешле йолдызлар билгеле. Өстәвенә ул аларның кайберләрендә төгәл периодик рәвештә,



77. Цефеидларның яктырышы, нур тизлегә һәм температураларының якынча кәкреләре.

ә икенчеләрендә периодиклык бозыла, яки хәтта периодик та булмый.

Исегезгә төшерегез, йолдызларның периодиклыгы нинди физик характеристикаларга бәйле? Ни өчен ул үзгәрергә мөмкин?

Шулай итеп, йолдызның үлчәме һәм температурасы үзгәрү аның яктыртучанлыгы үзгәрүгә китерә. Шуңа күрә яктыртучанлыклары үзгәрү белән бергә спектрларында, ягъни аларның атмосфераларының торышында теге яки бу үзгәрешләр килеп чыгу — бар-

лык физик үзгәрешле йолдызлар өчен типик күренеш.

Периодик үзгәрешле йолдызлардан **цефеидлар** игътибарга лаек. Цефеидлар — ак яки саргылт йолдызлар. Цефеидларга бу исем аларның типик вәкиле булган Цефей δ сыннан чыгып бирелгән. Аның үзгәрү периоды $5,37''$ тәүлеккә һәм яктырышының үзгәрү амплитудасы 4,6 дан алып 3,7 гә кадәр йолдызча зурлыкка тигез. Цефеидларның яктырышы үзгәрү амплитудасы дистәләрчә минуттан алып берничә дистә тәүлеккә кадәр булган периодта 1,5 йолдызча зурлыктан артмый. Аларның бу периодлары озак еллар буена секундның өлешләренә кадәр төгәллек белән даими кала.

77 нче рәсемдә цефеидларның яктырыш үзгәрешләре һәм шуңа бәйле рәвештә температура һәм нур тизлегенң үзгәрешләре күрсәтелгән.

Температура үзгәрү аркасында цефеидларның спектраль классы да бераз үзгәрә. Бу үзгәрешләрнең сере шунда: **цефеидлар — пульсацияле йолдызлар**. Алар периодик рәвештә киңәя һәм кысыла. Өске катлауларның кысылуы аларның жылынуын китереп чыгара.

Цефеидлар ике группага бүленә: кыска периодлы цефеидлар, икенче төрле әйткәндә, периодлары 1 тәүлектән кимрәк булган Лираның RR ы тибындагы цефеидлар һәм периодлары 2 тәү-

лектән зуррак булган классик цефеидлар. Аларның беренчеләре эссерәк һәм барысының да абсолют зурлыклары бертөрле: $M=0,5$.

Классик цефеидлар сарырак, салкынрак булалар. Аларның шундый мөһим үзенчәлекләре бар: барлык классик цефеидлар — үтә зур гигантлар, һәм аларның периодлары озынрак булган саен яктыртучанлыклары да арта бара. Акрынрак үзгәрүче цефеидлар — иң якты цефеидлар. Периодлары 50 тәул. чамасындагы цефеидлар Кояштан 10 000 тапкыр яктырак. Цефеидның яктырышы үзгәрү периоды буенча яктыртучанлыгын белеп (аны бик тонык цефеидлар өчен дә турыдан-туры күзәтү юлы белән жиңел белеп була) һәм аның абсолют йолдызча зурлыгы M ны күренмә йолдызча зурлыгы m белән чагыштырып,

$$\lg D = 0,2(m - M) + 1$$

формуласыннан (бу (4) формуладан чыга) аңа кадәр ераклыкны табып була.

Шуның өчен цефеидларның яктыртучанлыгының периодларына бәйлелеге безнең йолдыз системасының үлчәмнәрен һәм аларга кадәр ераклыklarны билгеләүдә зур әһәмияткә ия.

Якты гигант цефеидлар, Галәм маяклары кебек, безгә ерактан күренеп торалар. Аларга карап безнең йолдыз системасының контурларын билгелибез.

2. Яңа йолдызлар. «Яңа йолдызлар» дигән исем борынгы заманнардан ук чыннан да яңа дип исәпләнгән йолдызлар өчен сакланып килә. Тупланып килгән фоторәсем коллекцияләре яңа йолдыз дип аталган йолдызларның чынбарлыкта моңа кадәр дә булуын, ләкин кинәт кабынып китүен һәм шуның аркасында аларның яктырышының кыска гына вакыт эчендә ун меңнәрчә мәртәбә артуын күрсәтә. Кабынганнан соң йолдызның яктырышы әкреләп элекке хәленә кайта. Яңа йолдызларның яктырышы үзгәрүенең амплитудасы 7 дән алып 14 йолдызча зурлыкка кадәр, ягъни аларның яктырышы 400 000 тапкыр артуы мөмкин. Яктырышлары максимумга житкәндә, алар — 6 дан — 9 га кадәр абсолют йолдызча зурлыкта булалар. Яңа йолдызларның кабынып китүе, бәлки, меңәр елдан соң гына кабатланадыр. Яктырышы максимум вакытында беренче йолдызча зурлыкка житкән якты яңа йолдызлар сирәк, мәсәлән, 1901, 1918, 1925 елларда күзәтелгәннәр.

Андый кабынышлар көтмәгәндә булганлыктан, яңа йолдыз-

ларны ачу да очраклы рәвештә генә була. Аларны күпчелек очракларда һәвәскәр астрономнар, кайвакыт мәктәп балалары ача. Моның өчен Киев Каз Юлы янындагы йолдызлыктарны ешрак күзәтергә кирәк. Ләкин планетаны яңа йолдыз белән бутый күрмәгез!

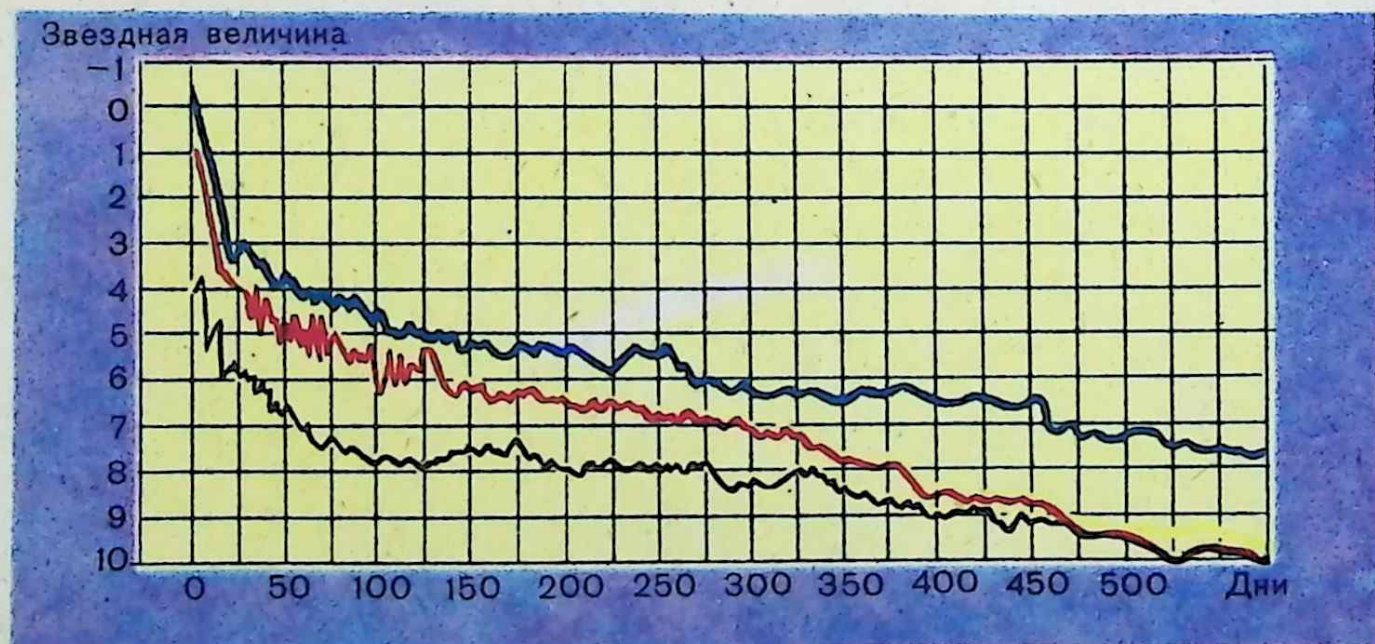
Яңа йолдызның кабынышы, гадәттә, берничә көн эчендә катастрофик рәвештә була, ә элекке яктыртучанлыгы хәленә кире кайтуы еллар буена сузыла һәм яктырышта тирбәнешләр булып тора (78 нче рәсем).

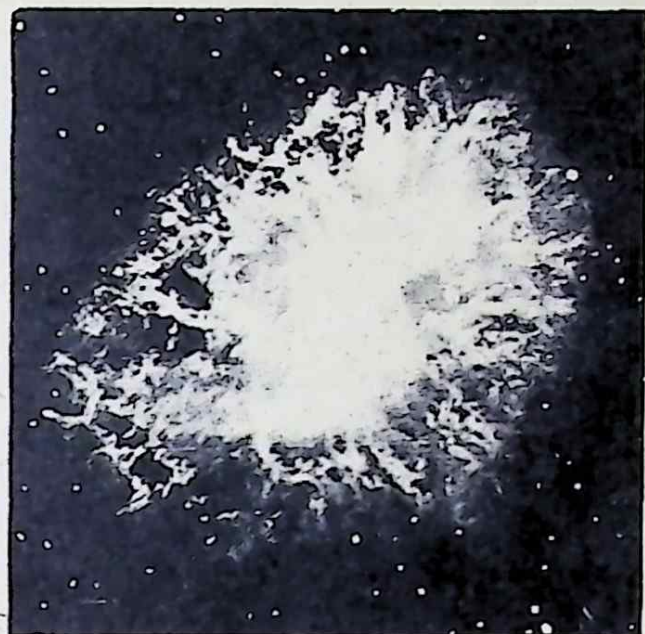
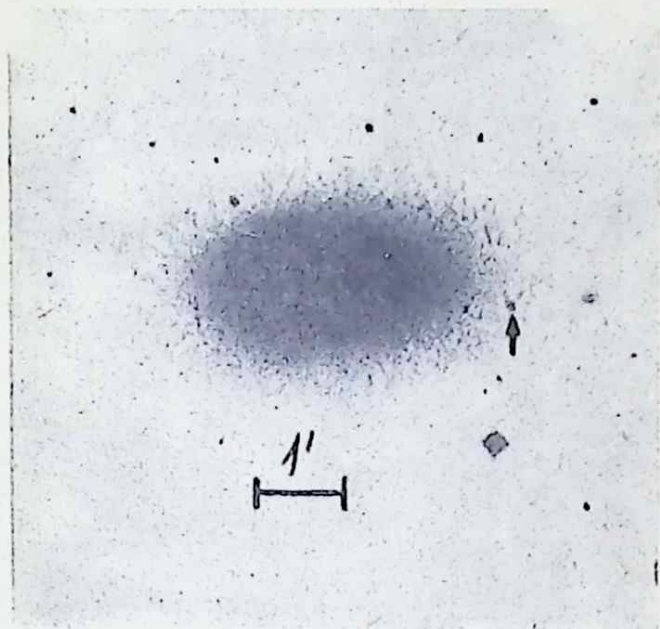
Яңа йолдыз спектрындагы үзгәрешләр түбәндәгеләрне күрсәтте: йолдызларның фотосферасы кабару — өслеге зураю аркасында аның яктырышы арта. Яктыртучанлыгының максимумы вакытында яңа йолдызның диаметры Жир орбитасы диаметрынан зуррак була. Иң зур яктырыш вакытында йолдыздан аның өске катлавы аерылып китә һәм, киңәеп, 1000 км/с чамасы тизлек белән пространствога омтыла.

Яктыртучанлыгы уртача булган бик кызу йолдызлар гына шулай яңа йолдыз кебек кабына; өстәвенә барлык яңа йолдызлар куш йолдызлар булса кирәк, димәк, безнең Кояшның андый кабыну куркынычы юк.

3. Иң яңа йолдызлар. Элек күренмәгән кайбер үзенә бер төр йолдызлар көтелмәгәндә кабынып китәләр дә яңа йолдызлар кебек сүнәләр. Ләкин яктырышының максимумында алар үзләренең яктыртучанлыктары буенча яңа йолдызларга кара-

78. Өч яңа йолдызның күренмә яктырышы үзгәрүе кәкресе.





79. Ерак йолдыз системасының — галактиканың фоторәсеме (негатив). Иң яңа йолдыз ук белән күрсәтелгән (фоторәсемнең почмакча масштабы бирелгән).

80. Крабсыман томанлык — 1054 елда Үгез Бозау йолдызлыгында кабынган иң яңа йолдыз кабынышы калдыгы.

ганда меңнәрчә тапкыр яктырак булалар. Аларны иң яңа йолдызлар дип атыйлар. Аларда газның чыгарып ташлану тизлеген дә гадәти яңа йолдызлардан күп мәртәбәләр зуррак була.

Иң яңа йолдызның яктыртучанлыгы гаять зур, аның яктырышы максимумда иң гади йолдыз яктыртучанлыгынан ун меңнәрчә тапкыр яктырак булганга күрә, без аны бик ерактан, башка йолдыз системаларынан ук күрәбез (79 нчы рәсем). Бу ераклыklarны билгеләгәндә иң яңа йолдызларның яктырышын үлчәүдән файдаланалар.

Иң яңа йолдызлар бик сирәк кабына — миллиард йолдыздан торган системада берничә дистә яки йөз елга уртача бер кабыныш кына була.

Телескоп уйлап табылганга кадәр үк инде безнең йолдыз системасында һичшиксез иң яңа йолдыз булган берничә йолдыз күзәтелгән. 1054 елда Үгез Бозау йолдызлыгында бу йолдызларның берсе кабынган урында бик аз яктыртучы үзенә бертөрле томанлык барлыкка килгән. Аны *Крабсыман* томанлык дип атыйлар (80 нче рәсем). Аның таркау хәлдәге төп массасына буй-буй катлам булып ионлашкан газлар үтеп кергән. Төрле елларда төшерелгән фоторәсемнәрне чагыштырып карагандан соң, бу томанлыкның ≈ 1000 км/с тизлек белән киңәюе беленде. Аның киңәя башлавы иң яңа йолдыз кабынып киткән момент-

тан башланган. Томанлыкны барлыкка китергән газ аның кабынышы вакытында хасил булган. Соңрак Крабсыман томанлыкның иң көчле радионурланыш чыганаclarыннан берсе икән-легә билгелә булды. Әлегә радионурланыш йолдыз шартлаганда хасил булган һәм яктылык тизлегенә якын тизлек белән хәрәкәт итүче электроннарны томанлыктагы магнит кырының тоткарлавы нәтижәсендә барлыкка килә. Магнит кырында электроннарның мондый радионурланышы термик булмаган яки синхротрон нурланыш дип атала. Крабсыман томанлык космостагы Рентген нурларының да куәтле чыганагы булып чыкты.

«Якындагы» башка иң яңа йолдызлар кабынган урында да радионурлар таратучы һәм киңәюче томанлыklar табылган. Иң яңа йолдызларның кабынуы — күк жисемнәре белән була торган иң зур һәм сирәк катастрофаларның берсе.

Барлык үзгәрешләр һәм яңа йолдызларны өйрәнү гомумән йолдызларның табигатен һәм үсеш процессын аңлау өчен зур әһәмияткә ия, чөнки үзгәрешләр һәм бигрәк тә яңа йолдызлар үз үсешләренә борылыш этапларында тотрыксыз хәлдә булалар. Аннары бу йолдызлардагы көчле үзгәрешләрне күзәтергә мөмкин, ә гадәти йолдызлардагы үзгәрешләрне, алар бик әкрән барганлыктан, күзәтеп булмый.

23 НЧЕ КҮНӨГҮ

1. Яңа йолдызларның яктырышы, гадәттә, даими температурада фотосфераның кабаруы нәтижәсендә арта. Әгәр яңа йолдызның яктылык үзгәреше 10 йолдызча зурлыкка тигез булса, йолдызның радиусы ничә мәртәбә үзгәргән булыр?
2. Галактиканың күрәнмә диаметры $2'$; ә аңардан ераклык 10^7 пк булса, 79 нчы рәсемдәге иң яңа йолдыз күк йөзенә проекциясендә галактика үзәгеннән нинди ераклыкта урнашкан?

26. ЙОЛДЫЗЛАР ДӨНЬЯСЫНДАГЫ ИҢ МӨһИМ ЗАКОНЧАЛЫКЛАР. ЙОЛДЫЗЛАРНЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЕ.

Без ялгыз, куш һәм кабатлы йолдызлар, төрле типтагы үзгәрешләр йолдызлар, яңа һәм иң яңа йолдызлар, супергигантлар һәм кәрләләр белән таныштык һәм аларның зурлыklары, яктыртучанлыklары, температура һәм тыгызлыklары бик күп төрле булуын күрдек. Алар физик характеристикалар хаосы китеп чыгармыйлармы соң? Юк икән. Югарыда сөйләнгән мәгъ-

лүматларны гомумиләштереп, йолдызлар арасында күп кенә закончалыклар табылган.

Йолдызларның билгеле булган массаларын һәм яктыртучанлыklarын чагыштырып карап, *массасы зурайган саен йолдызның яктыртучанлыгының да бик тиз артуын* күрергә мөмкин: $L \approx m^{3.9}$. Ялгыз йолдызның яктыртучанлыгын белгәндә, «масса—яктыртучанлык» дип аталган бәйлелектән чыгып, аның массасын табарга мөмкин (ак кәрлэләр бу бәйлелеккә буйсынмыйлар).

Киң таралган йолдыз типлары өчен $L \approx R^{5.2}$ формуласы дөрес, биредә R — йолдыз радиусы. Барлык очракларда да тулы яктыртучанлык алына. Бу формулалар йолдызларның аларга кәргән физик характеристикалары үзара бәйләнгән булуын күрсәтә.

Йолдызларның яктыртучанлыгын аларның температурасы һәм төсө белән чагыштыру бик кызыклы. Бу бәйлелек «төс — яктыртучанлык» (Т — Я) диаграммасында күрсәтелгән (*Герцшпрунг — Рессел диаграммасы*, китап ахырындагы форзацны кара). Бу диаграмманың ординаталар күчәренә яктыртучанлыкның логарифмнары яки йолдызча абсолют зурлыklары M салына, ә абсциссалар күчәренә спектраль класслар яки аларга тиңдәш температураларның логарифмнары, яки төснө характерлаучы зурлык салына. Характеристикалары билгеле булган йолдызларга тиңдәш нокталар диаграммада тәртипсез рәвештә ятмыйча, билгеле бер сызыклар — *эзлеклелекләр* буенча урнаша. Күпчелек йолдызлар сул яктан уң якка таба өстән аска авышкан туры өстендә урнашалар. Бу юнәлештә аларның яктыртучанлыklары, радиустары һәм температуралары да бер үк вакытта кими бара. Бу — *төп эзлеклелек*. Анда, сары кәрлә йолдыз буларак, Кояшның торышы ук тамгасы белән күрсәтелгән. Төп эзлеклелеккә параллель рәвештә *субкәрлэләр эзлеклелеге* урнаша. Субкәрлэләр төп эзлеклелекнең шундый ук температуралы йолдызларыннан бер йолдызча зурлыкка тоныграк.

Өстә абсциссалар күчәренә параллель рәвештә *супергигантлар эзлеклелеге* урнашкан. Аларның төсләре һәм температуралары төрлечә, ә яктыртучанлыklары бердәй диярлек.

Төп эзлеклелекнең уртасыннан уңга югарыга таба *кызыл гигантлар эзлеклелеге* китә. Ниһаять, түбәндә температуралары төрлечә булган *ак кәрлэләр* урнашкан. Аксыл *зәңгәр эзлеклелек*

яңа йолдыз булып кабынучы йолдызларны һәм эссе йолдызларның башка типларын тәшкил итә.

Йолдызның теге яки бу эзлеклелеккә керүен аның спектрындагы кайбер детальләреннән белергә мөмкин.

Без табигатьтә масса, яктыртучанлык, температура һәм радиусның ирекле рәвештә алынган комбинацияләре булмавын күрдек. Теориядән күренгәнчә, Т — Я диаграммасында йолдызның урыны барыннан да элек аның массасы һәм яше белән билгеләнә, димәк, *диаграмма йолдызларның үсеш процессын чагылдыра.*

Йолдызның массасы никадәр зуррак булса, аның эчке температурасы да шулкадәр югарырак була һәм водород, гелийга әвереләп, бик тиз «янып» бетә. Төп эзлеклелектә урнашкан зәңгәр йолдызлар водородны 10^6 — 10^7 ел эчендә, ә Кояш кебеклә 10^{10} елда гына «яндырып бетерә». Кояшның эчке энергиясе әле миллиард елларга җитәчәк.

Йолдыз үзәгендә водород янып бетү белән йолдыз эволюциясе тизләшә. Йолдыз кызыл гигантка әверелә. Кызыл гигантларның тыгыз һәм кызу төшендә углеродның гелийдан синтезлану реакциясе бара. Гелий запасы беткәндә әлегә реакция тәмамлана. Йолдыз, кысыла барып, гаять тыгыз ак кәрлә хәленә килә. Өслеге кечкенә булганлыктан, ак кәрлә энергияне бик аз таратып, озак вакытлар яктырып торырга мөмкин. Кояшның һәм массалары аңардан зур булмаган йолдызларның эволюциясе шулай бара.

Йолдызлар Галәмендә акрын үзгәрешләр генә түгел, бәлки бик тиз, хәтта катастрофик үзгәрешләр дә булып тора. Мәсәлән, бер ел чамасы вакыт эчендә гади йолдыз рәвешендә күренгән йолдыз «иң яңа йолдыз» кебек кабына, ә аннары шулкадәр диярлек вакыт эчендә яктырышы кими. Нәтижәдә ул, бәлкәм, нейтроннардан торган һәм бер секунд чамасы һәм аннан да тизрәк период белән әйләнүче бик кечкенә, якынча 10—20 км үлчәмле йолдызга (нейтрон йолдызга) әвереләдер. Аның тыгызлыгы атом төше тыгызлыгына кадәр артып (10^{16} кг/м³ чамасы), ул радио һәм Рентген нурларының көчле чыганагы булып китә, һәм яктылык кебек үк бу нурларның пульсация периоды йолдызның әйләнү периодына тигезләшә. Киңәюче Крабсыман радиотоманлыкның үзәгендәге тонык йолдыз шундый пульсарның мисалы булып тора. Пульсар рәвешендәге һәм Краб-

сыман радиотоманлыкка охшаган иң яңа йолдыз кабынышларының калдыклары хәзер шактый күп билгеле.

Нейтрон йолдызлар — массалары Қояш массасыннан аз гына зуррак йолдызлар эволюциясенен соңғы стадиясе ул.

Массалары Қояш массасыннан шактый зур булган йолдызлар үзләренен эволюцияләрен гравитация кыры яктылык нурларының таралуына каршылык күрсәтә торган һәм нейтрон йолдыз зурлығындагы тыгыз объектка әверелеп тәмамлый дип исәпләү кабул ителгән. Мондый объектны кара тишем дип атыйлар.

Ак кәрләр, нейтрон йолдызлар, кара тишемнәр төрле массадагы йолдызлар эволюциясенен соңғы стадиясе булып торалар. Аларның барлығы теория тарафыннан әйтелгән, ләкин әле күзәтүләр белән расланмаган. Йолдызлар хасил иткән матдәләр соңрак яңа буын йолдызлар барлыкка китерүе мөмкин. Гомумән, йолдызларны барлык йолдыз системасының — Галактиканың состав өлеше дип караганда, аларның формалашу һәм үсеш процессы аңлашыла төшә.

12 НЧЕ БИРЕМ

1. а) Яктыртучанлыклары һәм температуралары Қояшка караганда артыграк булган; б) яктыртучанлыклары һәм температуралары Қояшка караганда кимрәк булган; в) яктыртучанлыклары Қояшка караганда артыграк, температуралары кимрәк булган; г) яктыртучанлыклары Қояшка караганда кимрәк, температуралары артыграк булган йолдызлар диаграмманың кайсы өлешендә урнашалар? Диаграммада түбәндәге йолдызларның торышлары цифрлар белән билгеләнгән:

1 — Бетельгейзе, 2 — Вега, 3 — Арктур, 4 — Сириус, 5 — Барнард йолдызы.

2. Диаграммадан файдаланып,

а) күренмә йолдызча зурлык турындагы мәғлүматларны IV кушымтадан алып, 1, 2, 3 йолдызларына кадәр ераклыктарны исәпләп чыгарыгыз;

б) Сириус иярчене — Сириус В йолдызының күренмә йолдызча зурлыгын билгеләгез;

в) Барнард йолдызына кадәр ераклык 1,8 пк булса, аның күренмә йолдызча зурлыгын билгеләгез.

VII. ГАЛЭМНЕҢ ТӨЗЕЛЕШЕ ҺӘМ ЭВОЛЮЦИЯСЕ

27. БЕЗНЕҢ ГАЛАКТИКА

1. Киек Қаз Юлы һәм Галактика. Безне чолгап алган Галәм төзелеше фән тарафыннан ачылганга кадәр шактый озын үсеш юлы үткән. Бары тик XX гасыр башында гына хэлбуки моңа кадәр күп элек инде шактый гына дәрәс фикерләр әйтелгән булса да, күк йөзәндә күренә торған барлык йолдызлар үзәң бер аерым йолдызлар системасын — Галактиканы тәшкит итүе тәмам исбат ителә. Мәсәлән, инглиз галиме *Вильям Гершель* (1738—1822) дөньяда беренче булып, йолдызлар дөньясының төзелеше турындагы мәсьәләне чишү өчен дәрәс юл күрсәткән: күк йөзәнең төрле өлкәләрендә сайлап алынған бертөрле кечкенә-генә өлешләрендә йолдызларны санарга кирәк дигән дәрәс фикергә килгән.

Тора-бара бөтен күк йөзәң уратып алған көмешсыман якты *Киек Қаз Юлы* йолдызларының безнең нык янычелгән йолдыз системасының — Галактикабызның төп өлеше булуы ачыкланды. Киек Қаз Юлы күк йөзәң зур түгәрәк буйлап уратып алганга күрә, без аның г а л а к т и к дип аталған яссылыгы янында торабыз. Галактика Киек Қаз Юлы¹ яссылыгы буйлап барыннан да ераграк сузыла. Перпендикуляр юнәлештә йолдызларның тыгызлыгы кими, димәк, бу юнәлештә Галактика бик еракка жәелми.

Киек Қаз Юлының без күзәтә торған структурасы (81 нче рәсем) аны тәшкит иткән тонык (ягъни ерак) йолдызларның чынбарлыктагы урнашуы һәм өлешчә аларның космик тузаннан торған болытлар тарафыннан каплануы белән бәйле. Мондый караңгы болытны Киек Қаз Юлындагы Аккош йолдызлыгының Денеб йолдызы янында ике тармакка аерыла башлаган урынында күзәтергә мөмкин. Ул тармаклар күк йөзәнең көньяк ярымшарында яңадан кушылалар. Мондый күренмә тармаклануы Киек Қаз Юлының иң якты урыннарын, шул исәптән Чаян

¹ Борыңгы греклар аны «галаксиас», ягъни сәт түгәрәге (г а л а — сәт сүзеннән) дип атаганнар.

һәм Укчы йолдызлыҡларына кәргәннәрен дә, каплай торған космик тузан тупланышлары китереп чығара (82 нче рәсем).

Кайвакыт, ялгышып, Кйек Каз Юлы — ул безнең Галактика, дип әйтәләр. Кйек Каз Юлы — күк йөзөндә безгә күренә торған яҡты божра ул, ә безнең Галактика — гигант йолдыз утравы (83 нче рәсем). Аның күпчелек йолдызлары Кйек Каз Юлында, ләкин ул алар белән генә чикләнми. Галактикаға барлыҡ йолдызлыҡларның йолдызлары керә.

21 нче йолдызча зурлыктағы һәм аннан да яҡтырак йолдызларның саны яҡынча $2 \cdot 10^9$ кадәр икәнә исәпләп чыгарылған. Бу сан безнең йолдыз системасының — Галактиканың барлыҡ йолдыз «халкын» да эченә алған бер өлөшө генә, әлбәттә.

Галактиканың үлчәмнәре бик ерактан күрергә мөмкин булған йолдызларның пространствода урнашуларына карап билгеләнгән. Болар — цефеидлар һәм эссе супергигант йолдызлар. Галактиканың диаметрын түгәрәкләп 30 000 пк яки 100 000 яктылык елы дип алырга мөмкин, ләкин аның төгәл чиге юк.

81. Гади күз белән караганда Кйек Каз Юлының күренеше.

82. Кйек Каз Юлының Укчы йолдызлыгындағы бер өлөшөнөң фоторәсеме.





Вильям Гершель (1738—1822).
Инглиз астрономы һәм оптигы. Уран
планетасын ачкан, куш йолдызларны
һәм Кик Каз Юлының төзелешен
тикшергән. Үз чоры өчен берничә
бик зур телескоп төзөгән.

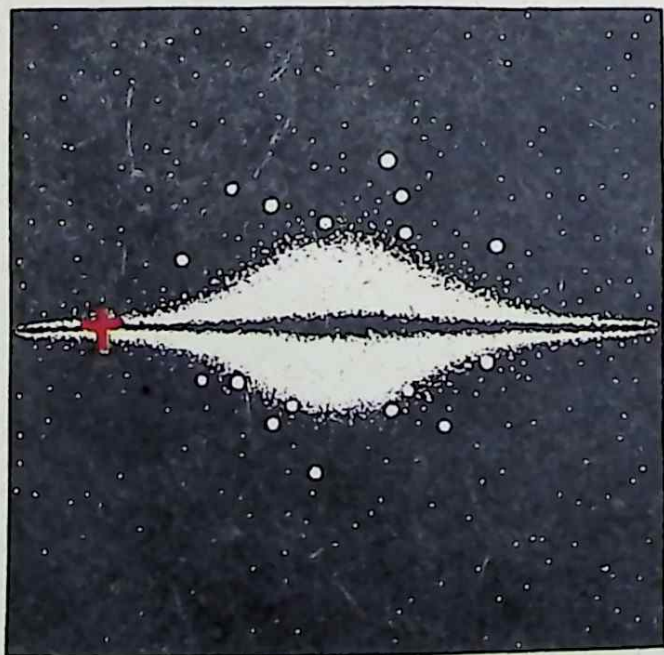
Галактика йолдызларының тыгызлыгы экренләп кими барып, ахырда бөтенләй юкка чыга.

Галактиканың үзәгендә 1000—2000 пк диаметрлы төше — йолдызларның гаять зур һәм куча тупланышы урнашкан. Ул бездән Укчы йолдызлыгы юнәлешендә 10 000 пк (30 000 яктылык елы) чамасы ераклыкта булып, тулысынча диярлек космик тузан болытлары пәрдәсе белән капланып тора.

Галактиканың төше составына күп кенә кызыл гигантлар һәм кыска периодлы цефеидлар керә. Төп эзлеклеклең өске өлешендәге йолдызлар, аеруча супергигантлар

һәм классик цефеидлар, яшәрәк йолдызлар булып исәпләнә. Алар үзәктән ераграк урнашканнар һәм чагыштырмача юка катлам яки диск төзиләр. Бу диск йолдызлары арасында тузан һәм газ болыты урнашкан. Субкәрлэләр һәм гигантлар Галак-

83. Галактиканың шарсыман йолдыз тупланышы системасы белән бергә схематик күренеше (яңнан күренеше, Кояш системасы x тамгасы белән күрсәтелгән).



84. Галактиканың спираль тармаклары (Галактиканың яссылыктагы схематик сурәте, яссы ягыннан алынган).



тиканың төше һәм дискисы тирәсендә сферик система хасил ителәр.

29 нчы параграфта сөйләнәчәк йолдыз системаларындагы кебек үк, безнең Галактика дискисында да төштән башланып китеп, ахырда бөтенләй юкка чыгучы спираль тармаклар булырга тиеш (84 нче рәсем). Мондый тармаклар өчен эссе супергигантлар, бигрәк тә эссе йолдызлардан торган таркау тупланышлар һәм классик цефеидлар хас. Ләкин безнең Галактикада спираль тармакларның төгәл ничек урнашканлыгы һәм формасы ачыкланмаган әле.

Йолдызларның теге яки бу эзлеклелектә булы белән аларның пространствода урнашулары арасындагы бәйләнеш йолдызларның барлыкка килү вакытын һәм шартларының төрлелеген чагылдыра.

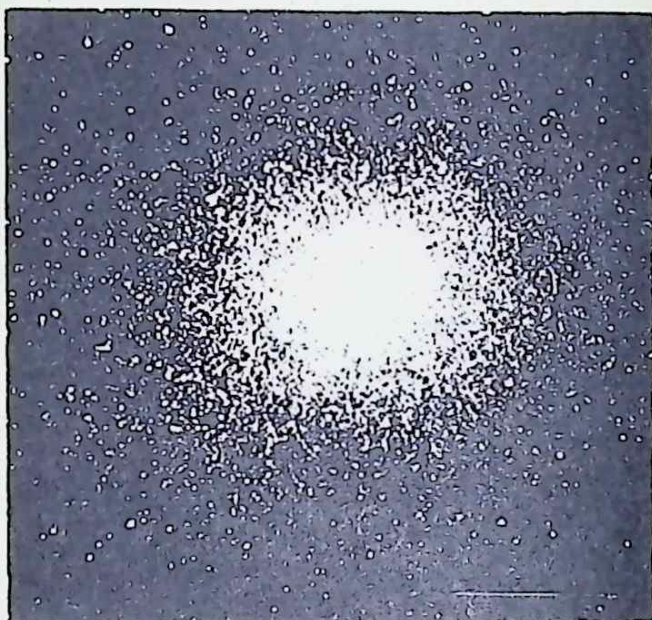
2. Йолдыз тупланышлары һәм ассоциацияләре. Күк йөзенең кайбер урыннарында телескоптан караганда, ә кайбер урыннарда хәтта гади күз белән дә йолдызларның үзара тартылу көче белән бәйләнгән тыгыз төркемнәрен яки *йолдыз тупланышларын* күрергә була. Йолдыз тупланышларын ике төргә бүлеләр: *таркау* һәм *шарсыман* тупланышлар. Аларның үзлекләрен чагыштырып карыйк. Таркау тупланышлар (85 нче рәсем), гадәттә, төп эзлеклелекнең уннарча яки йөзләргә йолдызларынан һәм үзәккә таба берәз тупланган супергигантлардан тора. Шарсыман тупланышлар (86 нчы рәсем) исә төп эзлеклелекнең уннарча яки йөзләргә мең йолдызларынан һәм кызыл гигантлардан тора. Кайвакыт аларга кыска периодлы үзгәрешле цефеидлар да керә.

Таркау тупланышларның үлчәме берничә парсекка җитә. Үгез Бозау йолдызлыгындагы Гиадалар һәм Илэк йолдызлар таркау йолдыз тупланышларының мисалы булып тора. Әгәр Илэк йолдызга телескоп аша карасак, гади күз белән караганда күренә торган 6 йолдыз урынына зөбәржәттәй чәчелгән бик күп йолдызларны күрербез. Шарсыман тупланышларның үзегенә таба йолдызларның тыгызлыгы бик нык арта, һәм бу тупланышларның үлчәме уннарча парсекка җитә. Алар барысы да бездән бик ерак һәм көчсезрәк телескоптан томанлы тап рәвешендә генә күренә.

Йолдызларның шарсыман һәм таркау тупланышларының «төс — яктыртучанлык» диаграммалары төрле. Бу исә йолдыз тупланышының тибын билгеләргә ярдәм итә. Таркау тупланыш-



85. Илэк йолдызлар дигән таркау йолдыз тупланышы (аның төп йолдызлары аларны чолгап алган космик тузанны яктырта).



86. Геркулес йолдызлыгындагы шарсыман йолдыз тупланышы.

лар составында газ һәм тузан бар (85 нче рәсемне карагыз), ә ул шарсыман тупланышларда күзәтелми.

Иң якын шарсыман тупланышларга кадәр ераклыklarны алар составындагы кыска периодлы цефеидлар буенча табалар. Моның өчен цефеидларның күренмә йолдызча зурлыгын аларның билгеле булган абсолют йолдызча зурлыгы белән чагыштыралар.

Таркау тупланышларга кадәр булган ераклыкны табу өчен, алардагы йолдызларның «төс — күренмә йолдызча зурлык» диаграммасын төзеп, аны «төс — абсолют йолдызча зурлык» диаграммасы белән чагыштыралар. Әлеге ераклык бер үк төстәге йолдызларның күренмә һәм абсолют зурлыklары арасындагы аерманы табарга мөмкинлек бирә, моннан тупланыштагы йолдызларга кадәр ераклыкны да табып була ((4) формуланы кара).

Хәзер 100 дән артык шарсыман һәм йөзләрчә таркау тупланыш билгеле, ләкин соңгылары Галактикада уннарча мең булырга тиеш. Без алардан иң якыннарын гына күрәбез.

Күк йөзәндә эссе супергигантларның таркау төркемнәрен күзәтергә мөмкин. Аларны совет галиме академик **В. А. Амбарцумян** О-ассоциацияләре дип атаган. Аларның йолдызлары бер-берсеннән бик ерак булганлыктан, алар арасында йолдыз тупланышларындагы кебек үзара тартылу көче юк. О-ассоциацияләре шулай ук спираль тармак йолдызлары өчен дә хас.

1. Шарсыман йолдыз тупланышында берничә кыска периодлы үзгәрешле цефеид күренгәндә, бу тупланышка кадәр ераклык күпме булыр? Аларның күренмә йолдызча зурлыклары 15,5, ә абсолют зурлыгы 0,5. Тупланышның почмакча диаметры 1' булса, аның сызыкча диаметры күпмегә тигез? Кояш бездән әлеге тупланыш ераклыгында булса, ул нинди күренмә йолдызча зурлыкта булыр иде?
2. Илэк йолдыз тупланышы фоторәсемдә 1 мм га 1,2' почмакча масштаб белән бирелгән (85 нче рәсем). Тупланышның параллаксы $p = 0,15''$. Күк йөзенә булган проекциясендә иң якты ике йолдыз арасындагы сызыкча ераклыкны табыгыз.

3. Галактикада йолдызларның хәрәкәтләре. Борынгы заманнарда очраклы рәвештә генә йолдызлар бер-берсенә карата хәрәкәт итми дип уйламаганнар. Бары тик XVIII гасырда Сириусның күк йөзендә бик акрын гына күчүен белгәннәр. Бу аның торышын уннарча ел аша бик төгәл итеп үлчәп чагыштырганда гына сизелә.

Күк йөзендә μ йолдызының почмакча еллык тайпылышы аның үз хәрәкәте дип атала. Аның бер ел эчендәге тайпылышы дуга секундның өлешләре белән үлчәнә.

Барнард йолдызының гына еллык тайпылышы $10''$ дуга озынлыгына тигез. Бу 200 елга $0,5^\circ$, яки Айның күренмә диаметрын тәшкил итә. Шунның өчен Барнард йолдызын «очар» йолдыз дип атаганнар.

Йолдызларның үз хәрәкәтләрен хәзерге вакытта күк йөзенң бер үк өлкәсен бер үк телескоптан еллар яки унар ел аша төшерелгән фоторәсемнәрен чагыштырып карап табалар. Йолдыз хәрәкәт иткәнлектән, бу вакыт эчендә аның ераграк йолдызлар фонындагы торышы үзгәрә. Йолдызның фоторәсемнәрдәге тайпылышы махсус микроскоплар ярдәмендә үлчәнә. Мондый тайпылышны чагыштырмача якын йолдызлар өчен генә билгеләп була.

Ләкин йолдызга кадәр ераклык билгеле булмаса, йолдызның үз хәрәкәтеннән чыгып кына, аның чынбарлыктагы тизлеген турында фикер йөртү читен. Мәсәлән, йолдызларның бер ел эчендә үткән юллары төрле: S_1A , S_2C булуы мөмкин, ә аларга тиндәш үз хәрәкәте (μ) бертөрле (87. нче рәсем) була. Пространствода йолдызның тизлеген — берсе күрү нуры юнәлешендә, икенчесе аңа перпендикуляр юнәлгән ике компонентның векторлы суммасы рәвешендә күрсәтергә мөмкин. Беренче компо-

шундый ук тизлек белән бездән ераклашалар. Шулай итеп, күрше йолдызларга карата Кояш системасы Лиры һәм Геркулес йолдызлыктары юнәлешендә 20 км/с тизлек белән хәрәкәт итә.

Күк йөзөндә бик якин йолдызларның да пространствода бер-берсеннән ерак урнашкан булулары һәм төрле тизлек белән хәрәкәт итүләре мөмкин. Шуңа күрә, меңнәрчә еллар үткәч, йолдызларның үз хәрәкәтләренә нәтижәсе буларак, йолдызлыктарның күренешенә үзгәрергә тиеш (88 нче рәсем).

5. Галактиканың әйләнүе.

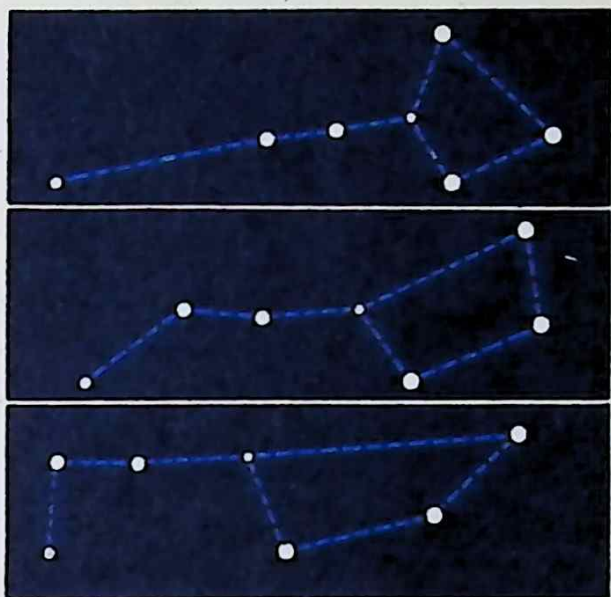
Галактиканың барлык йолдызлары аның үзәгә тирәсендә әйләнә. Йолдызларның почмакча әйләнү тизлеген Галактиканың эчке өлкәсендә чама белән (Кояшка кадәр) бердәй диярлек, ә аның тышкы өлешләре әкренрәк әйләнә. Йолдызларның Галактикада әйләнеше планеталарның Кояш системасындагы әйләнешеннән шуның белән аерыла да, чөнки монда орбита радиусы арту белән почмакча һәм сызыкча тизлекләре бик тиз кими. Бу аерымлык исә Галактика төшенен массасы башка өлешләре белән чагыштырганда зур булмавы, Кояш системасындагы Кояшка охшамавы белән аңлатыла.

Кояш системасы Галактиканың үзәгә тирәсендә 250 км/с чамасы тизлек белән якынча 200 млн. елга бер тулы әйләнеше ясый.

Галактиканың массасы аның әйләнүеннән чыгып билгеләнә. Ул $2 \cdot 10^{11}$ Кояш массасы чамасында.

25 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Йолдызның үз хәрәкәте елга $0,1''$ тәшкил итә. Аңа кадәр ераклык 10 пк. Аның тангенциаль тизлегенә күпмегә тигез?
2. Алдагы мәсьәләдәге йолдызның нур буенча тизлегенә 10 км/с. Аның пространстводагы тизлегенә күпме булыр?



88. Зур Жидегән йолдызлыгындагы йолдызларның үз хәрәкәтләре нәтижәсендә күренмә торышларының үзгәрүе: югарыда — моннан 50 мең ел элек булган, уртада — хәзерге вакыттагы, түбәндә — 50 мең елдан соң булачак торышы.

3. Әгәр йолдыз (1 нче мәсьәләне карагыз) безгә 100 км/с тизлек белән якынлашса, аның торышы 100 ел эчендә ничек үзгәрер?

13 НЧЕ БИРЕМ

Зур Жидегәннең чүмеч тоткасындагы сулдан беренче һәм өченче йолдызларының рәсемдә бер-берсенә карата торышын чагыштырып (88 нче рәсем), фоторәсемнең масштабы бу рәсемдәгедән 10 тапкыр зуррак булганда, аларның 50 ел эчендә бер-берсенә карата күчешен билгеләгез (мм ның өлешләрендә).

28. ЧЭЧЕЛМӘ (ДИФФУЗ) МАТЕРИЯ

1. Йолдызара тузан һәм газ. В. Я. Струве моннан йөз еллар элек үк яктылыкның йолдызара йотылуына игътибар иткән. Бу фикер 1930 елда гына тәмам исбат ителә. *Яктылыкның йолдызара йотылуы йолдызларның яктырышын йолдыз бездән никадәр ераграк булса, шулкадәр күбрәк һәм яктылыкның дулкын озынлыгы никадәр кыскарак булса, шулкадәр көчлерәк киметә.* Шуңа күрә ерактагы йолдызлар үзләренең чынбарлыктагы төсләренә караганда кызылрак булып күренәләр. Мондый эффектны зурлыклары яктылык дулкыны озынлыгы чамасында булган вак тузан бөртекләре китереп чыгарырга тиеш.

Тикшеренүләр йолдызара тузанның чама белән 200—300 пк калынлыктагы юка катлау рәвешендә Галактика яссылыгы буйлап тупланган булуын күрсәтте. Бу катлау урыны белән болытка әверелүче сирәкләнгән газ һәм тузан тирәлегеннән гыйбарәт. Галактика яссылыгында һәр 1000 пк арада яктылык уртача 1,5 йолдызча зурлыкка кими.

Ерак йолдызларның күренмә яктырышлары кимү аларга кадәр ераклыкны абсолют йолдызча зурлыкларны күренмә йолдызча зурлыкларга чагыштыру юлы белән төгәл билгеләүне авырлаштыра. Шунның өчен тигезсез таралган космик тузанның һәм караңгы томанлыкларның урнашу тәртибен өйрәнергә һәм аларның тәсирен исәпкә алырга кирәк була.

Табигатьләре белән охшаш һәм составлары бердәй диярлек газ-тузан болытлары төрлечә күренәләр. Яктылыкны үтәли үткәрми торган мондый болытлар *караңгы томанлыктар* рәвешендә күзәтеләләр (89 нчы рәсем).

Әгәр зур тузан болыты янында яктыртучанлыгы көчле булган якты гигант йолдыз булса, ул бу болытны яктырта. Тузан болыты, йолдыз нурланышын кире кайтарып, *якты томанлык* булып күренә. Мондый томанлыкның спектры аны яктыртучы йолдыз спектры белән бертөсле була.

Газ-тузан болыты бик эссе (температурасы 20 000—30 000 К нан түбән булмаган) йолдыз тарафыннан яктыртылганда, йолдызның ультрамиләүшә нурланышы, болыттагы водород һәм башка газларны ионлаштырып, аларны яктырырга мәжбүр итә. Газ ультрамиләүшә нурларны йота, ә спектрның кызыл, һәм башка сызыкларында нурлана. Мондый яктыртучан болытны *диффуз* (чәчелмә) газ томанлығы дип атыйлар. Әгәр эссе йолдыз

сүнсә, томанлык та тиз арада яктыртудан туктар иде. Орион йолдызлыгында типик газ-тузан томанлығы бар (90 нчы рәсем). Аны кышын көчле бинокль аша күрергә була, ләкин аның структурасын фоторәсемгә төшерү юлы белән генә ачыкларга мөмкин.



89. Якты томанлык белән каймаланган «Ат башы» дип аталган караңгы тузан томанлығы.

90. Орион йолдызлыгындагы чәчелмә газ-тузан томанлығы.





91. Сукояр йолдызлыгындагы иң зур һәм безгә иң якин планетар томанлык.

Газ-тузаннан һәм сирәкләнгән газдан гына торган чәчелмә томанлыklar шактый күп билгеле. Алар төзек булмаган формадагы төрле кисәкләрдән торалар, һәм аларның аермачык чикләре юк. Газ томанлыklары спектрында водород, кислород һәм башка жиңел газларның ачык сызыklары бар. Кайбер газлар үзенә бертөрле халәттә булалар һәм Жир шартларында беркайчан да күзәтелмәгән спектр бирә-

ләр. Томанлык спектрындагы шундый ачык ике яшел сызыкны томанлыklарда гына очрый торган химик элемент «небулий» («томанлы» дигәнне аңлата) бирә дип уйлаганнар. Ләкин соңрак бу сызыklарның лабораториядә булдырып булмый торган сирәкләнү шартларында яктыра торган һәм ике электронын югалткан кислород атомыныкы булуы ачыкланды. Чыннан да, газ томанлыklарының тыгызлыгы 10^{-18} — 10^{-20} кг/м³ чамасы гына.

Билгеле бер үсеш стадиясендә йолдызлар тарафыннан чыгарыла торган яктыртучан газ сүрүе — *планетаара томанлыklар* (күпчелек йолдызлар өчен бу закончалыклы этап булып санала) — томанлыklарның аерым бер төре булып тора (91 нче рәсем). Аларның яктыртучанлыklарының табигате диффуз томанлыklарныкы кебек үк.

1931 елда әлеге дәрәслек авторы эволюция процессында йолдызларның яңа буын йолдызлар барлыкка килерлек күләмдә газ массалары атып чыгаруларын исбат итте.

Чәчелмә газ томанлыklары Галактика яссылыгында чама белән бары тик 200 пк калынлыгындагы катлау хасил итә. Аларда Галактиканың спираль тармакларына хас булган I типтагы йолдызлар рәтенә керә. Томанлыklарның зурлыгы берничә яки уннарча парсекка житә, шуның өчен гадәттә аларда берничә йолдыз урнашкан була.

Инфракызыл һәм радиодиапазоннарда алып барыла торган күзәтүләрнең хәзерге техникасы күренмә яктылыкта үтәли кү-

ренми торган газ-тузан болытын тикшерергә һәм шул болытларда бара торган йолдызларның барлыкка килү процессын өйрәнергә мөмкинлек бирә. Орион йолдызлыгындагы газ-тузан комплексы хәзерге вакытта йолдызларның барлыкка килү процессы бара торган безгә иң якин өлкә булып тора.



В. Я. Струве (1793—1864). Рус астрономы. Пулково обсерваториясендә йолдызларның координаталарын зур төгәллек белән үлчәү буенча үткәрелгән эшләрнең житәкчесе. Дөньяда беренче булып Вега йолдызлыгына кадәр ераклыкны үлчәгән.

2. Йолдызларның барлыкка килүе. Күп кенә фактлар йолдызларның салкын газ-тузан болытларыннан гравитацион куеруы (ягъни кисәкчекләрнең үзара тартылуы) нәтижәсендә барлыкка килгән булуын күрсәтә. Иң мөһиме шунда, йолдызларның барлыкка килүе йолдызара тыгызрак һәм салкынрак газның болытлар рәвешендә туплана торган Галактика яссылыгы янында күзәтелә. Барлыкка килә торган йолдызларның (протойолдызларның) тыгызлыклары һәм температуралары зур булмаганлыктан, аның инфракызыл диапазон

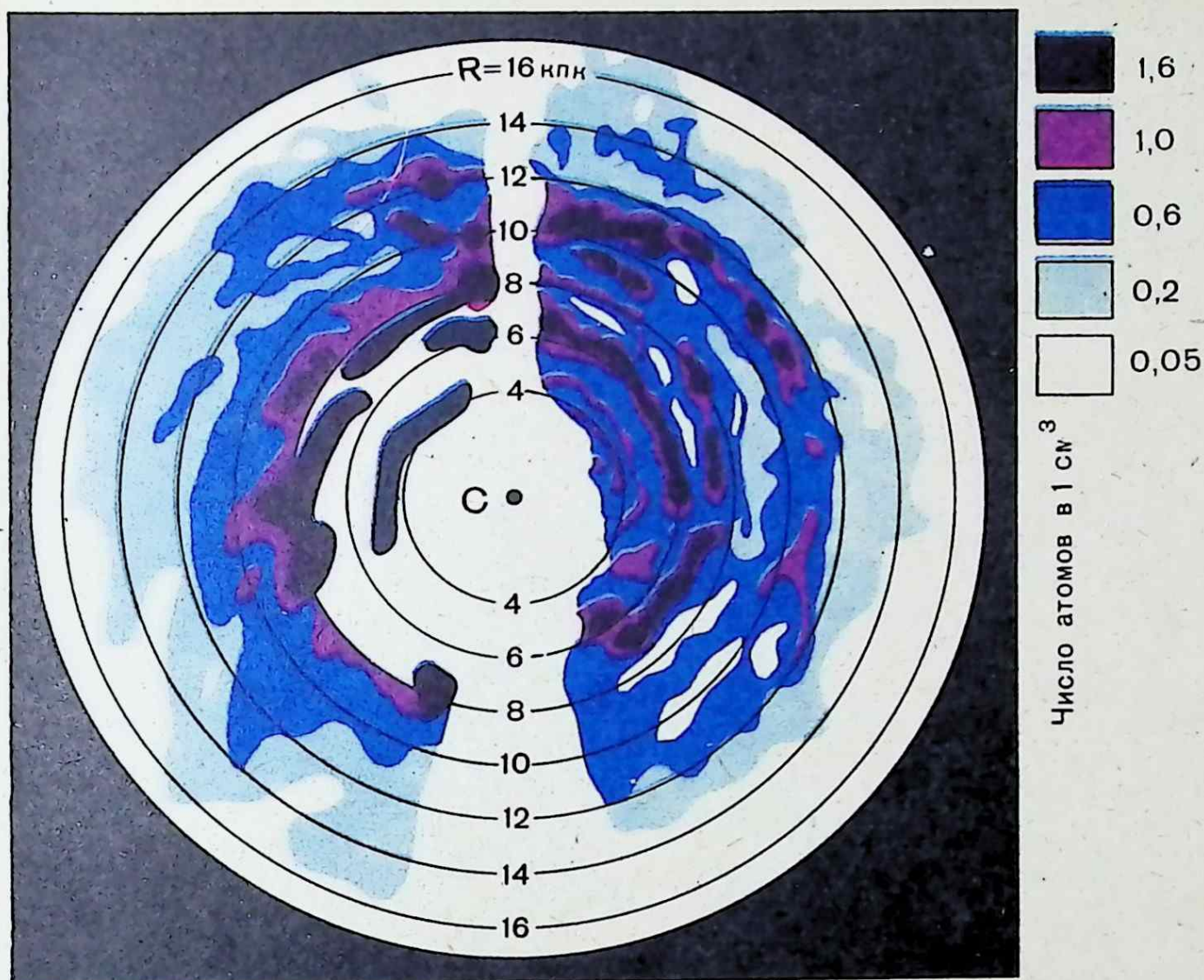
Аккош йолдызлыгындагы Балык ятмәсе томанлыгы.



озынлыгындагы дулкын таратуу да мөмкин. Йолдыз барлыкка килэ торган өлкэлэрдэ почмакча үлчэмнэре бик кечкенэ булган көчле инфракызыл нурланыш чыганакалары табалар. Бу чыганакаларның барлыкка килэ торган яки эле күптэн түгел генэ барлыкка килгән һәм үзлэре эле генэ барлыкка килгән шул тыгыз газ-тузан тирэлеге белән әйләндереп алынган йолдызлар булуы да мөмкин.

Протойолдыз эчке температурасы берничэ миллион градуска житкәнче жылына. Шул вакытта жиңел элементлар катнашы белән жылылык аерып чыгара торган төш реакциялэре башлана. Яшь йолдызларның яктырышы үзгэрү — аларның эле тотрыклы булмаулары билгесе. Жылыну нәтижэсендэ водородның гелийга әверелүе реакциясе башлана һәм кысылуны туктата. Эчтэге газ басымы белән үзэкке тартылу көче тигезлэшэ. Йолдыз тотрыклы хэлгэ килэ һәм яшәү дәверенен күбрэк өлешендэ үзенен үлчэмнэрен һәм яктыртучанлыгын даими диярлек саклый (§ 26 ны кара). Нэкъ менэ шундый йолдызлар «төс — яктыртучанлык» диаграммасының төп эзлеклелеген хасил итэлэр. Массасы Қояш массасы кадэр булган йолдыз, тыгызланып, 10^8 ел эчендэ төп эзлеклелеккэ күчкән.

3. Нейтраль водород һәм молекуляр газ. Йолдызара газның радионурланышларын тикшерү алар турында күп мәгълүмат бирэ. Якты томанлыклардагы водород янында эссе йолдызлар булганда гына ионлаша һәм яктыра. Лэкин *Галактикадагы водородның төп массасы нейтраль хэлдэ*. Қосмостагы нейтраль водород яктырмый һәм күренми дэ. Әмма ул 0,21 м озынлыктагы радиодулкын тарата. Дулкынның әлегэ озынлыктагы нурланышының интенсивлыгыннан чыгып, водородның массасын һәм тыгызлыгын исәплилэр, ә факттагы дулкын озынлыгы белән 0,21 м арасындагы аермага карап, Доплер эффекты буенча водород болытының тизлеген табалар. Хэзер инде Галактикада водород бүленешенен гомуми күренеше ачыкланган (92 нче рәсем). Ул күбрэк Галактика яссылыгы янында юка катлау булып урнашкан. Водород болытларын телескоп аша күзәтергэ мөмкин булган аерым йолдызлардан да арырак күзәтергэ мөмкин. Нейтраль водород болытларының температурасы уртача 100 К тан кимрэк, ә ионлашкан яктыртучы водород болытларының (томанлыкларының) температурасы 10 000 К чамасында. Тыгыз газ болытларында водород атомнары молекулаларга (H_2) берлэшэлэр. Водородның йолдызара тулы массасы



92. Галактика яссылыгында, аның үзәгеннән төрле ераклыктарда нейтраль водородның бүленеше.

Галактиканың гомуми массасының берничә процентын тәшкил итә, ә космик тузан массасы аңа караганда 100 тапкыр кимрәк. Галактика яссылыгында нейтраль водородның тыгызлыгы уртача 10^{-21} кг/м^3 чамасы.

Йолдызара пространствода водородтан тыш гелий да бар һәм алар белән чагыштырганда азрак микъдарда башка химик элементларның атомнары һәм кайбер гадирәк молекулалары да була. Күп кенә молекулалар радиометодлар (радиодулкыннарның нурланышы һәм йотылуы) нәтижәсендә табылды. Алар арасында OH , H_2O , CO , CO_2 , NH_3 һәм берникадәр катлаулырак молекулалар бар.

4. Магнит кыры, космик нурлар һәм радионурланыш. Галактикада гомуми магнит кыры бар. Аның индукция сызыклары нигездә Галактика яссылыгына параллель. Алар, бөгелеп, Галактиканың спираль тармаклары буйлап сузыла. Галактика-

ның магнит кыры индукциясе 10^{-10} Тл чамасы, ләкин ул газ болытларында тагын да зуррак.

Иң яңа йолдызлар кабынган чакта, космик нурларны тәшкил итүче житез атом төшләрәннән (нигездә, протоннардан) тыш, яктылык тизлегенә бик якин тизлек белән хәрәкәт итүче бик күп электроннар да чыгарып ташлана. *Галактиканың магнит кыры зур тизлекле электроннарны тоткарлый, бу исә метрлы һәм аннан да озынрак дулкыннарда термик булмаган (синхротрон) радионурланыш китереп чыгара.* Радионурланыш безгә төрле яктан килә, ләкин көчләрәге Киек Қаз Юлы өлкәсенән тарала. Бу радионурланыш космик нурларның тыгызлыгы һәм йолдызара магнит кыры индукциясе иң зур кыйммәтенә ирешкәндә безнең Галактика яссылыгына якында гына йолдызара пространствода барлыкка килә.

Галактикада Киек Қаз Юлыннан тыш, радионурланышның башка чыганақлары да бар. Аларның Укчы А дип аталганы безнең Галактиканың үзәгендә урнашкан.

29. БАШКА ЙОЛДЫЗ СИСТЕМАЛАРЫ — ГАЛАКТИКАЛАР

1. Галактикаларның төп характеристикалары. Гершель XVIII гасырда күк йөзәндә күренүче меңнәрчә томанлы тапларны (тومانлыкларны) ачкан һәм каталогына теркәгән. Соңыннан аларның күбесенең спираль төзелешле булуы ачыкланды.

Америка астрономы Э. Хаббл (1889—1953) XX гасырда *Андромеда* йолдызлыгындагы томанлыкны фоторәсемгә төшергән. Рәсемдә бу томанлы тапның бик күп йолдызлардан торганлыгы күренә (93 нче рәсем). Хаббл томанлыкта таркау, шарсыман тупланышлар, яңа йолдызлар һәм цефеидлар барлыгын белгән. Бу цефеидларның үзгәрү периодларын һәм күрәнмә йолдызча зурлыкларын табып, ул аларның барысының да безнең Галактикадан бик еракта урнашкан булуларын ачыклаган. Бу томанлыкка кадәр ераклыкны һәм аның почмакча диаметрын белеп, аны сызыкча берәмлекләр белән исәпләп чыгаруы жиңел (§ 12. 4, 34 нче рәсемне кара).

Андромеда йолдызлыгындагы спираль томанлык, безнең Галактика кебек үк, гаять зур йолдыз системасы икән. Без хәзер аңа кадәр ераклыкның 2 миллион яктылык елына тигез икәнән беләбез. Анда, безнең Галактикадагы кебек үк, газ-тузан томанлыклары бар. Андромеда йолдызлыгындагы галактика

күрү нурына зур почмак ясап борылганлыктан, аның формасы сузынкы. *Өчпочмак* йолдызлыгындагы галактика да спираль формасында, ләкин күрү нурына азрак авышкан, шуңа күрә аның телескоптагы күренеше дә башкачарак (94 нче рәсем).

Астрономнар безнең Галактикадан читтә дә гаять зур

93. Андромеда йолдызлыгындагы M31 спираль галактикасы һәм аның иярчене — көчкөнә эллиптик галактика (уңда).





94. Өчпочмак йолдызлыгында яссы ягы белән диярлек күренүче М33 галактикасы. Аның спираль тармакларындагы иң якты йолдызлары М31 кеңе белән чагыштырганда бик үк тыгыз түгел һәм шунлыктан яхшырак күренә.

йолдыз системалары таптылар. Һәм, безнең Галактикадан аермалы буларак, галактикалар дигән күмәклек исем бирделәр.

Ераклыклары иң якты йолдызларының күренмә яктырышы буенча табылган галактикаларның спектрында сызыкларның кызылга таба тайпылуын Хаббл ачыклаган. *Бу тайпылу галактиканың ераклыгына пропорциональ рәвештә арта* (95 нче рәсем). Доплер эффекты буенча (§ 14.3 не кара) кызылга тайпылу яктылык чыганагының күзәтүчедән ераклашуын белдерә. Ераклашу тизлегә тайпылу зурлыгына, димәк, ераклыкка да пропорциональ. Галактикаларга кадәр ераклык D белән тизлек v арасында күзәтелә торган пропорциональлек H а б б л з а к о н ы дип йөртелә: $v = HD$

Пропорциональлек коэффициенты H ны H а б б л к о н с т а н т а с ы дип атыйлар. Хаббл константасының зурлыгы¹ якынча $100 \frac{\text{км}}{\text{с} \cdot \text{Мпк}}$, ягъни һәр миллион парсек саен ераклашу тизлегә 100 км/с ка арта. Шуңа күрә ерак галактикаларга кадәр ераклыкны аның спектрындагы сызыкларның кызылга тайпылу зурлыгы буенча билгеләргә мөмкин:

$$D = \frac{v}{H},$$

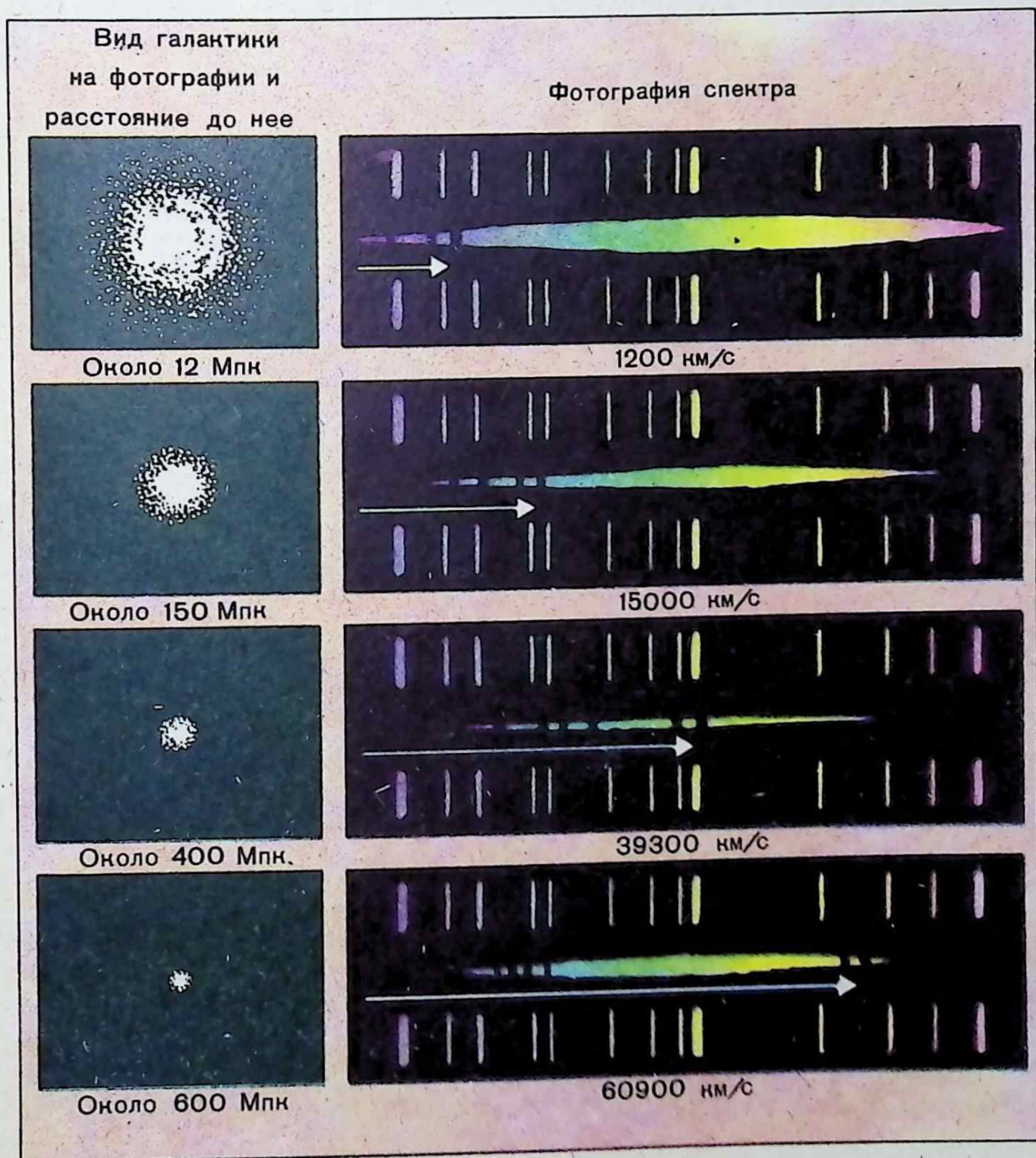
монда v — кызылга тайпылудан чыгып билгеләнгән тизлек. Мәсәлән, әгәр спектр сызыгы тайпылышына 10 000 км/с туры килә икән, ул вакытта галактикага кадәр ераклык 100 Мпк. Бу

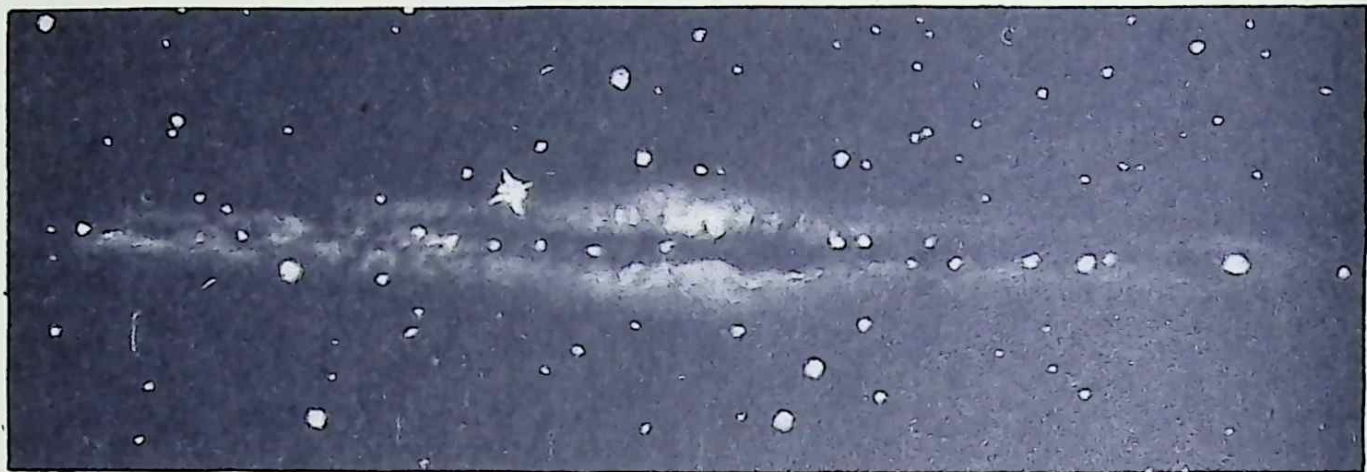
¹ Бу зурлыкның төгәл кыйммәте һәрвакыт тикшерелеп тора.

ысул ерак галактикалардагы цефеидлар яки хэтта иң якты супергигантлар да күренмәгән очрақларда кулланыла.

Үзләренә тышкы күренешләре буенча галактикалар спираль, төзек булмаган һәм эллиптик формадагы галактикаларга бүленәләр. Күзәтелә торган галактикаларның күпчелеге спираль галактикалар. Безнең Галактика һәм Андро-

95. Галактикалар никадәр ераграк торса, аларның спектрларындагы кызылга тайпылу шулкадәр зуррак була (спектрның фоторәсемдә ионлашкан кальцийның бары тик ике төп йотылу сызыгы күренә). Спектрның киңлегә галактиканың күренмә үлчәменә һәм яктылык дәрәжәсенә бәйле. Якты сызыklar — Жирдәге яктылык чыганагының спектры.





96. Яннан күренүче спираль галактика; аның төшен бездән яшереп каплап торучы караңгы тузан томанлыклар сузылган.

меда йолдызлыгындагы галактика бик зур үлчәмле спираль галактикалардан санала. Спираль галактикаларның бөтенесе дә берничә йөз миллион еллык период белән әйләнә. Аларның массалары 10^9 — 10^{11} Кояш массасы кадәр.

Спираль галактикаларның тармаклары, безнең Галактикадагы кебек үк, эссе йолдызлардан, цефеидлардан, супергигантлардан, таркау йолдыз тупланышларыннан һәм газ томанлыкларыннан тора. Галактикалар радиодулкыннар тараталар. Радионурланыш дулкын озынлыгы 21 см булган нейтраль водородтан һәм якты томанлыклардагы ионлашкан кызган водородтан тарала.

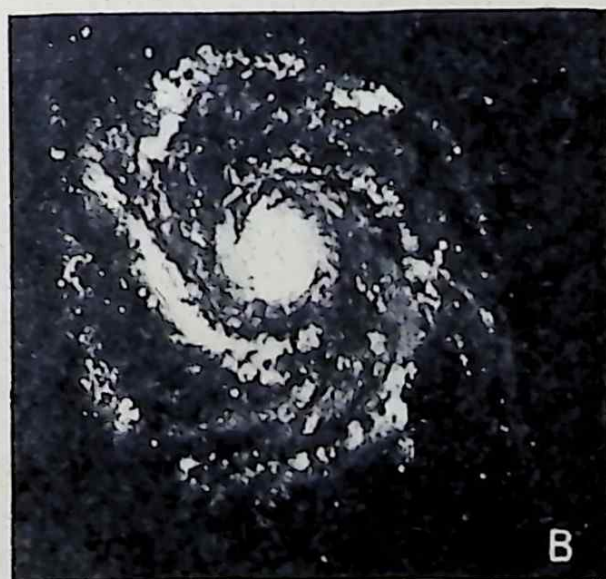
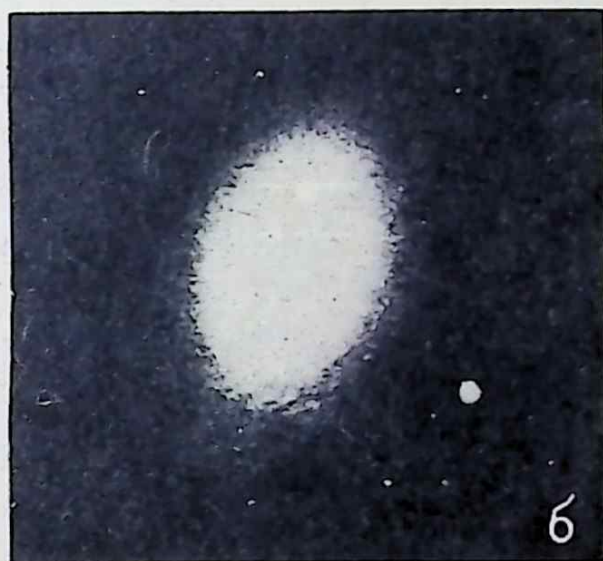
97. Зур Магеллан Болыты — безгә иң якын галактика. Төзек булмаган галактикалар тибына керә.



Галактикалар массасынын 10% ка кадэрен нейтраль водород тэшил итэ. Галактикаларда тузан да бар. Аларнын безгэ яны белэн борылганнарында, һәм шуңа күрә орчык яки ясмык рэвешендэ күренэ торган галактикаларда бу бигрэк тэ яхшы күренэ (96 нчы рэсем). Аларнын галактика яссылыгы буйлап караңгы полоса — тузан томанлыклары тупланышы сузыла.

XVI йөздэ Магеллан экспедициясе вакытында күк йөзенең көньяк ярымшарында күзэтелгән ике зур йолдызлар болытын *Зур һәм Кече Магеллан Болытлары* дип атаганнар (97 нче рэсем). Боларны, тышкы күренешләренэ карап, төзек булмаган галактикалар тибына кертэлэр. Алар безнең Галактиканың иярченнэре. Аларга кадэр ераклык 150.000 яктылык елы чамасы. Алардагы йолдызларнын составы спираль галактикаларнын тармакларындагы кебек үк, э төшлэре юк. Төзек булмаган галактикалар спираль галактикаларга караганда азрак һәм алар сирэк очрый (98 нче рэсем, а).

Эллиптик галактикалар ешрак күзэтелэ. Күренешлэре буенча алар шарсыман йолдыз тупланышларына охшаган, лэкин үлчәнешлэре буенча



98. Галактикаларнын төп төрлэре (фоторэсемнэрнең масштаблары төрле): а — төзек булмаган; б — эллиптик; в — спираль.

алардан шактый зур (98 нче рәсем, б). Алар бик экрен әйләнәләр һәм, тиз әйләнүче спираль галактикаларга капма-каршы буларак, яньчелмәгән диярлек (98 нче рәсем, в). Эллиптик галактикаларда супергигант йолдызлар да, караңгы һәм якты чәчелмә томанлыклылар да юк.

Галактикаларның яктыртучанлыгы төрле.

Гигант галактикаларның абсолют йолдызча зурлыклы — 21 гә якын. Абсолют йолдызча зурлыклы — 13 кә тигез булган һәм мең мәртәбәләр тоныграк кәрлә галактикалар да бар.

Академик В. А. Амбарцумян беренче буларак күп кенә спираль һәм эллиптик галактикаларның үзәк өлкәләрендә — аларның төшләрендә — гаять зур микъдарда энергия бүленеп чыгу белән бара торган шартлау рәвешендәгә күренешләр булып торучы әйткән.

Кайбер галактика төшләрендәгә көчле Рентген нурланышы — аларның зур активлыгын күрсәтүче иң мөһим раслау.

В. А. Амбарцумян шулай ук галактикалар ниндидер чиктән тыш тыгыз «йолдызгача матдә»дән барлыкка килгәндер дигән фикер әйткән. Аның фикеренчә, ул үзлегеннән ваклана һәм галактикалар барлыкка китерә. Аларның төшләре тагын да вакланып «йолдызгача» жисемнәр ассоциацияләрен хасил итә, ә болары, үз чиратында вакланып, йолдызларны да, чәчелмә материяне дә хасил итәләр. Радионурланыш таратучы һәм зур микъдарда газ чыгарып торучы актив төшле галактикалар бу фараз буенча яшә галактикалар дип исәпләнә.

Ләкин күпчәклек галимнәр йолдызлар һәм галактикалар Метагалактиканың водородлы-гелийлы тирәлегенә аерым болытларга таркалу нәтижәсендә барлыкка килгән дигән жентекләрәк эшләнгән гипотезаны яклай. Аннары бу болытлар тартылу көче тәэсирендә болыт булып тыгызланган. Шарсыман тупланышларда һәм эллиптик галактикаларда йолдызларның барлыкка килү процессы күптән тәмамланган. Аларның йолдызлары иң карт йолдызлар булып исәпләнә. Спираль һәм төзек булмаган галактикаларда йолдызлар барлыкка килү дәвам итә.

мәсьәлә чишү үрнәге

Мәсьәлә. Спектрындагы сызыкларның кызылга таба тайпылуы 2000 км/с тизлеккә тиндәш булган галактикада иң яңа йолдыз кабынган. Аның максимумдагы яктырышы 18 нче күренмә йолдызча зурлыкка туры килә. Аның абсолют йолдызча зурлыгы һәм яктыртучанлыгы нинди булыр?

Бирелгән:

$$v = 2000 \text{ км/с}$$

$$H = 100 \text{ км/ (с·Мпк)}$$

$$m = 18$$

$$M = ? \quad L = ?$$

Чишү.

$$L = 2,512^{5-M}, \text{ яки } \lg L = 0,4 (5 - M).$$

$$M = m + 5 - 5 \lg D.$$

$$D = \frac{v}{H}$$

$$D = \frac{2000 \text{ км/с}}{100 \text{ км/ (с·Мпк)}} = 20 \text{ Мпк} = 2 \cdot 10^7 \text{ пк.}$$

$$M = 18 + 5 - 5 \lg 2 \cdot 10^7 = -13,5.$$

$$\lg L = 0,4 (5 - (-13,5)) = 7,4, \text{ моннан } L = 2,5 \cdot 10^7.$$

$$\text{Жавап: } M = -13,5; L = 2,5 \cdot 10^7.$$

26 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Ерак галактиканың спектр сызыклары бездән 15 000 км/с тизлек белән ераклашуға тиндәш зурлыкка авышкан. Аңа кадәр ераклык күпмегә тигез? Әгәр ул 20'' диаметрлы тап булып күренсә, аның үлчәме нинди булыр?
2. Галактикада күренмә йолдызча зурлыгы +18, ә абсолют йолдызча зурлыгы —7 гә тигез булган яңа йолдыз табылган булса, аның галактикадан ераклыгы күпме һәм ул бездән нинди тизлек белән ераклаша?

14 НЧЕ БИРЕМ

1. Спираль галактиканың күрү нурына авышлык почмагын фоторәсеме буенча табыгыз (93 нче рәсем).
2. Спектрларындагы кызылга тайпылуы 10 000 км/с, ә галактиканың күренмә диаметры 2' булса, пространствода күк йөзенә проекциясендә иң яңа йолдыз галактика үзәгеннән (79 нчы рәсем) нинди ераклыкта ятар (парсекларда)?

2. Радиогалактикалар һәм квазарлар. Кайбер галактикалар бик житез электроннар магнит кыры белән тәэсир итешкәндә барлыкка килгән көчле синхротрон радионурланыш таратулары белән аерылып торалар. Аларны радиогалактикалар дип атайлар. Еш кына ул галактиканың ике ягына урнашкан ике радионурланыш чыганагынан тора. Алар актив галактика төшләренең көчле матдә агышын капма-каршы якка чыгарып ташлау нәтижәсе булып тора.

Кайбер радиочыганаclar урынында фоторәсемдә бик тонык йолдызлардан берни белән дә аерылмый торган объектлар таптылар. Ләкин нурланышларның үзенчәлекләре бу объектларның йолдыз була алмауларын күрсәттеләр. Аларның спектрлында кызыл якка шактый тайпылган якты сызыklar бар. Кайбер

очракларда болар спектрның күренмә өлешенә авышкан ультрамиләүшә өлештәге сызыклар булып чыга. Бу объектларның кызылга тайпылулары бик зур, аңа миллиардларча яктылык елы кадәр ераклык туры килә. Радионурланышның квази-йолдыз (йолдызсыман) чыганакалары яки квазарлар дип аталган әлегә объектлар — аларга кадәр араны үлчәргә мөмкин булган иң ерак күк жисемнәре. Квазарларның иң яктысы 13 нче йолдызча зурлыктагы йолдыз кебек күренә, ләкин яктыртучанлыклары ягыннан *квазарлар гигант галактикаларга караганда йөзләргә мәртәбә яктырак*. Квазарлардан яктылык һәм радиодулкыннар рәвешендә чыга торган гаять зур энергия агышларының ничек барлыкка килүе сер булып кала. Күзәтүләр күрсәткәнчә, үзләренә табиғатта буенча квазарлар галактикаларның актив төшләренә охшаш һәм аларның бик ерак йолдыз системаларының төшләре булуы да ихтимал.

30. ДӨНЬЯНЫҢ МАТЕРИАЛИСТИК КАРТИНАСЫ

3. Метагалактика һәм космология. Галактикалар, йолдызлар кебек үк, *куш, кабатлы булалар, группалар һәм тупланышлар хасил итәләр*. Күпчелек галактикалар тупланышларда жыйналган. Галактика тупланышлары, йолдыз тупланышлары кебек үк, таркау һәм шарсыман була һәм унар, кайвакыт меңәр галактикадан тора. Безгә иң якын галактикалар тупланышы Кыз йолдызлыгында (99 нчы рәсем) 20 млн. пк (20 Мпк) чамасы ераклыкта урнашкан.

Иң зур каталогка (ул СССРда төзелгән) 15 нче йолдызча зурлыктан яктырак 30 000 галактика кергән. Көчле телескоплар ярәмендә 22—23 нче йолдызча зурлыкка кадәр күп йөзләргә миллион галактиканы рәсемгә төшереп алырга мөмкин.

Аларның бездән берничә миллиард яктылык елы кадәр ераклыкта торганның тонык йолдызлардан көч-хәл белән генә аерып була.

Соңгы елларда галактикаларның һәм аларның тупланышларының пространства таралып урнашуында билгеле бер закончалык — күзәнәкле-кәрәзле структура күзәтелә. Күп санлы галактикалардан торган бу күзәнәкләрнең стеналары 3—4 Мпк калынлыкта, ә күзәнәкләрнең үлчәмнәре 100 Мпк чамасы. Галактикаларның зур тупланышлары бу күзәнәкләрнең узелларын төзиләр.

Без күзәтә торган барлык галактикалар һәм галактика тупланышларының бөтен системасы Метагалактика дип атала. Метагалактика — чиксез Галәмнең бер өлеше ул.

Метагалактикада Хабблның кызылга тайпылу законы гәмәлдә була һәм бу тайпылуның чыннан да галактикаларның хәрәкәт үзенчәлекләрен, алар арасындагы ераклыкның өзлексез артуын чагылдыруы ачыкланган. Бу — галактикалар бездән (һәм бер-берсеннән) бөтен якка да ерагаялар һәм алар бездән ераклашкан саен тизрәк хәрәкәт итәләр дигән сүз. Бу процесс Галәмнең күзәтергә мөмкин булган барлык өлешен, ә бәлки Галәмне тулысынча да үз эченә ала торгандыр һәм шуңа күрә аны «Галәмнең киңәюе» дип йөртәләр. Моңы совет галиме А. А. Фридман (1888—1925), үзенек теоретик хезмәтләрендә А. Эйнштейнның (1879—1955) гомуми чагыштырмалылык теориясенә таянып, беренче буларак аңлаткан. Бу Хаббл законы ачылганга кадәр берничә ел элек була.

Галәмне тулаем бер бөтен, ә Метагалактиканы чиксез Галәмнең бер өлеше дип карап өйрәнә торган фән космология дип атала. Космологиядәге теорияләрнең күбесе бөтендөнья тартылу теориясенә, элементар кисәкчекләр физикасына, гомуми чагыштырмалылык теориясенә һәм башка фундаменталь

99. Кыз йолдызлыгындагы галактикалар тупланышының бер өлеше.



физик теорияларга һәм, әлбәттә, астрономик күзәтүләргә дә таяна. Космологияда модель төзү алымын киң кулланалар. Галимнәр Галәмнең теоретик моделен төзиләр, күзәтүләр нигезендә теоретик нәтижәләрнең дөрөсләгән тикшерү мөмкинлекләрен эзлиләр. ЭВМ куллану кирәкле хисап эшләрен башкарырга мөмкинлек бирде. Атап әйткәндә, мондый хисаплаулар Галәмдә хәзерге эпохада күзәтелә торган структура — башлангыч чорда бериш булган тирәлекнең гравитация көчләре тәэсирендә миллиард еллар дәвамында кичергән үзгәреш нәтижәсе булуы ихтимал икәннән күрсәттеләр. Реаль Галәмне Галәмнең киңәюе модельләре ярдәмендә яхшы аңлатып бирергә мөмкин булды. Галәмнең киңәюе галактикаларның элек хәзергегә караганда бер-берсенә якынак торулары турында сөйлә, ә 10—15 млрд. еллар элек Галәмдә материянең уртача тыгызлыгы шулкадәр зур, температурасы бик югары булган ки, матдәләр анда элементар кисәкчәкләр рәвешендә генә була алганнар. Киңәю процессында химик элементлар хасил була һәм экренләп галактикалар, йолдызлар һәм башка объектлар барлыкка килә башлаган. Галәмнең киңәюе теориясе йолдызларда күзәтелә торган водород белән гелийның чагыштырмасын аңлатырга мөмкинлек бирә. Әле галактикалар яралганга кадәр үк миллиард еллар элек эссе газ тараткан нурланыш безгә зур ераклыктардан хәзергә кадәр килә. Шуңа күрә ул *реликтик* дип аталган. Аның барлыгы, күзәтүләр нигезендә беленгәнгә кадәр күп элек, теориядән чыгып әйтелгән була. Реликтик нурланыш энергиясе бик кыска (миллиметрлы) радиодулкыннар өлкәсендә максималь. Әлеге нурланыш күк йөзенең барлык юнәлешләреннән дә бертигез килә. Бу нурланышны радиотелескоплар ярдәмендә кабул итеп, без Галәмнең киңәя башлаган башлангыч чорында, аның уртача тыгызлыгы хәзергесенә караганда йөзләргә миллион тапкыр зуррак булган чордагы матдәләрнең физик үзлекләре турында мәгълүмат алабыз. Реликтик нурланышны ачу теориянең башлангыч чорда матдә эссе һәм тигез таралган булган дигән нәтижәләреннән дөрөсләгән раслады.

Киңәя башлаганга кадәр беренче этапларда Галәм нинди булган, киләчәктә киңәю кысылуга күчәчәкме — бу бик катлаулы мәсьәлә, галимнәр хәзер шул мәсьәләне ачыклау өстендә эшлиләр.

Идеалистлар һәм дин белгечләре табигатьтәге әлеге күре-

нешләрнең өйрәнелмәгән булуыннан файдаланырга ашыгалар. Алар Галәмнең киңәя башлавы табигатьтән өстен көч, «алла тарафыннан башкарылган эш» дип дингә кулай нәтижә ясарга тырышалар. Бу — бернигә дә нигезләнмәгән уйдырма. Ул материализм дошманнарына, дөнъяның барлыкка килүе турында Тәүратта язылган легенда, янәсе, фәнни, дип раслау өчен кирәк. Ләкин Метагалактиканың үсеш процессында күзәтелә торган гаять күп төрле сыйфат үзгәрешләре вакытында энергия саклану законы бозылмый һәм табигатьтән бернинди дә өстен көчләр таләп ителми. Безнең Метагалактиканың үсеш законнарын ачу — кеше акылының гаять зур жиңүе. Бу казаныш кешенең галәм киңлекләренә, аның ерак үткәнә тирән үтеп керүен күрсәтә һәм кешенең дөнъяны танып белү мөмкинлекләренә чикләнгәнлегенә турындагы мифны юкка чыгара.

Табигатьтә булган бөтен күренешләрне алла кодрәте белән эшләнә һәм табигатьне танып белеп булмый дип өйрәтүче дингә капма-каршы буларак, догма яки сукурларча ышануга түгел, ә тупланган мәгълүматларга таянып, фән Галәмне торган саен тирәнрәк өйрәнә. Фән билгеле булганнар һәм фараз ителгәннәр, фараз ителгәннәр һәм билгесез булган нәрсәләр арасына катгый чик куя. Фәннең көче — аның алга таба хәрәкәт итүендә. Ул фараз ителгәнне төгәл билгеләнгәннәр белән, ә билгесезләрен фаразлар белән экренләп алмаштыра бара. Фән моның белән табигатьне иксез-чиксез танып белү мөмкинлеген даими рәвештә исбат итә.

Материалистик фән дөнъяның башлануы һәм Галәмнең барлыкка килүе турындагы сорауны мәгънәсез дип исәпли. Кешелек дөнъясының бөтен тәҗрибәсе материянең юктан бар булмавын һәм бардан юкка чыкмавын күрсәтә. Ул бары тик үзенең яшәү формасын гына үзгәртә. Галәмдә органик матдәләрнең генә түгел, неорганик матдәләрнең дә өзлексез үсеше һәм үзгәреше бара. Бу инде үтелгән этапның гади кабатлануы гына түгел, бәлки мәңгелек әйләнеше. Галәм турындагы хәзерге күзаллаулар табигать турындагы барлык фәннәр жыелмасына гына түгел, бәлки философиягә дә таяна.

Галәм вакыт ягынан чикләнмәгән, ягъни мәңгелек һәм мәңгегә үзгәрүчән. Галәмнең бервакытта да башлангычы булмаган һәм беркайчан да ахыры булмагач, ул һәрвакыт булган һәм булачак. Болар барысы да бөтен Галәмгә, төгәлрәк әйткәндә, аны тәшкил итүче материягә кагыла. Галәмнең аерым өлешләре

исә, мәсәлән Жир, Кояш системасы, йолдызлар һәм хәтта йолдыз системалары — галактикалар да барлыкка килеп торалар, үсешнең озын юлын үтәләр һәм, ниһаять, аларны төзүче материя икенче яңа форманы алгач, яшәүләрәннән туктыйлар. Безне чолгап алган Галәм дә экрен генә үзгәрәп тора. Мәсәлән, галактикалар арасында бара торган ераклык үзгәреше дә шул турыда сөйли.

Гомерләре беткән дөньялар урынына яңалары барлыкка килә. Вакыт узду белән аларда тереклек башланып китү һәм экренләп катлаулану юлы белән тереклекнең иң югары формасы — акыллы затлар килеп чыгуы мөмкин.

Хәзерге вакытта без күпме йолдызның планетасы булуын (хәзергә башка йолдызларның планеталары ачылмаган) һәм аларның ничәсендә тереклек барлыкка килә алуын һәм кайда тереклек башка цивилизацияләр белән радио буенча хәбәрләшә алырлык акыллы затлар техника булдыра алуы турында якынча гына да әйтә алмыйбыз. Без планета системабызның үзәк жисеме — Кояшның гадәти йолдыз икәннен беләбез. Кояш та, Жир дә, Кояш системасының башка членнары да төрле ераклыктарда күзәтелә торган башка күк жисемнәрендә дә булган химик элементлардан ук торалар, һәм физиканың шул ук законнарына буйсыналар. Шуңа күрә кайчандыр Жирдә тереклектууга китергән шартлар Галәмнең башка өлкәләрендә дә тереклекнең башлануына китергән булырга тиеш, хәтта бу бик сирәк очрый торган шартлар белән бәйле булса да. Тереклек чыганакларының, бигрәк тә акыллы затлар тереклегенен, берберсеннән бик ерак урнашкан булуы мөмкин, бу аларны эзләүне тагын да кыенлаштыра. Фән һәм техниканың үсеше киләчәктә Галәмдә тереклекнең ничек урнашуы мәсьәләсенә ачыклык кертер, һәм башка цивилизацияләр белән бәйләнеш урнаштыруы да бик мөмкин.

Жирдәге цивилизациянең бердәнбер булу мөмкинлегенә кешелекнең дөньяда тынычлык булдыру һәм үсешне давам итү ниятендә планетабызның табигатен һәм аңардагы тормышны саклап калудагы җаваплылыгын тагын да арттыра.

КУШЫМТАЛАР

1. Астрономиядә очрый торган иң әһәмиятле зурлыкларның якынча алынган санча кыйммәтләре (истә калдыру өчен)

Кояшның һәм Айның почмакча күренмә диаметры	$\frac{1^\circ}{2}$	
Эклиптиканың экваторга авышдыгы	$23 \frac{1^\circ}{2}$	
Язгы көн-төн тигезлегенә	21 март	тирәсендә
Жәйге Кояш торгынлыгы	22 июнь	»
Көзгә көн-төн тигезлегенә	23 сентябрь	»
Кышкы Кояш торгынлыгы	22 декабрь	»
Ёлның дәвамлылыгы	365 тәүл 5 сәг 49 мин	
Синодик айның дәвамлылыгы (Айның бердәй ике фазасы арасында узган вакыт)	$29 \frac{1}{2}$	тәүлек
Йолдызча (сидерик) айның дәвамлылыгы (Айның жир тирәли әйләнү периоды)	$27 \frac{1}{3}$	тәүлек
Жирнең уртача радиусы	6370 км	
Жирнең экваториаль һәм поляр радиуслары арасындагы аерма	21 км	
Ай диаметры (Жир диаметры белән чагыштырганда)	$\frac{1}{4}$	
Кояш диаметры (Жир диаметры белән чагыштырганда)	109	Жир диаметры
Иң зур планетаның (Юпитерның) диаметры	11	Жир диаметры
Планета әйләнәп йөрү периодының иң кыскасы (Меркурийныкы)	3 ай (88 тәүл)	
Планета әйләнәп йөрү периодының иң дәвамлысы (Плутонныкы)	250 ел	
Кояш массасы (Жир массасы белән чагыштырганда)	330 000	Жир массасы
Кояш өслегенә температурасы	6000 К	
Кояш таплары саны үзгәрүенң уртача периоды	11 ел	
Айның Жирдән уртача ераклыгы	384 000 км	
Жирнең Кояштан уртача ераклыгы яки 1 астрономик берәмлек	150 000 000 км	
Кояшка иң якын планетаның (Меркурийның) Кояштан ераклыгы (Жирнең Кояштан ераклыгы белән чагыштырганда)	0,4 а. б.	

Иң ерак планетаның (Плутонның) Кояштан уртача ераклығы	40 а. б.
1 парсек	206 265 а. б. яки $3\frac{1}{4}$ яктылык елы
Иң яқын йолдызның (Центавр α сының) Кояш системасыннан ераклығы	4 яктылык елы яки $1\frac{1}{3}$ парсек, яки 270 000 а. б.
Гадн күзгә күренә торган йолдызлар	6000 чамасы
Йолдызларның температурасы	3000 К тан (кызыл йолдызлар) 30 000 К ка кадәр (зәңгәрсу йолдызлар)
Жир кабыгының яше	5 миллиард ел чамасы
Кояшның яше	6 миллиард ел чамасы
Безнең йолдыз системасының — Галактиканың аркылысы	100 000 яктылык елы
Иң яқын спираль йолдыз системасының — галактиканың ераклығы (Андромеда йолдызлыгында).	2 000 000 яктылык елы

II. Грек алфавиты

α — альфа	η — эта	ν — ни (ню)	τ — тау
β — бета	θ — тэта	ξ — кси	υ — ипсилон
γ — гамма	ι — иота	ϵ — омикрон	ϕ — фи
δ — дельта	κ — каппа	π — пи	χ — хи
ϵ — эпсилон	λ — ламбда	ρ — ро	ψ — пси
— дзета	μ — ми (мю)	σ — сигма	ω — омега

III. Якты йолдызларның иң күп кулланыла торган исемнәре

Алголь — Персей β сы	Кастор — Игезәкләр α сы
Альдебаран — Үгез бозау α сы	Мицар — Зур жидегән ζ сы
Альтаир — Каракош α сы	Поллукс — Игезәкләр β сы
Антарес — Чаян α сы	Казык йолдыз — Кече жидегән α сы
Арктур — Үгез Көтүче α сы	Процион — Кечкенә Эт α сы
Беллатрикс — Орион γ сы	Регул — Арслан α сы
Бетельгейзе — Орион α сы	Ригель — Орион β сы
Вега — Лира α сы	Сириус — Зур Эт α сы
Денеб — Аккош α сы	Спика — Кыз α сы
Капелла — Йөкче α сы	Фомальгаут — Көнъяк Балыгы α сы

IV. СССРда күрөнө торган кайбер якты йолдызлар исемлеге

О, В — зәңгәр йолдызлар, А — ак, F — саргылт, G — сары,
K — кызыл-сары, M — кызыл йолдызлар.

Йолдызлар	Йолдыз- ча зурлык	Туры кү- төрөлөш (α)	Авышу δ		Спектр классы**	Темпера- тура	Ераклык (парсеклар белән)
	<i>m</i>	сәг мин	°	'		10^3 K	
Үгез бозау α сы . . .	1,06	4 33,0	+16	25	K	3,5	20,8
Орион β сы	0,34	5 12,1	— 8	15	B	12,8	330
Йөкче α сы	0,21	5 13,0	+45	57	G	5,2	13,7
Орион α сы	0,92*	5 52,5	+ 7	24	M	3,1	200
Зур Эт α сы	—1,58	6 42,9	—16	39	A	16,8	2,7
Игезәкләр α сы . . .	1,99	7 31,4	+32	00	A	10,4	13
Кечкенә Эт α сы . . .	0,48	7 36,7	+ 5	21	F	6,9	3,5
Игезәкләр β сы . . .	1,21	7 42,3	+28	09	K	4,6	10,7
Арыслан α сы	1,34	10 05,7	+12	13	A	13,2	25,6
Кыз α сы	1,21	13 22,6	—10	54	B	16,8	47,7
Үгез Көтүчесе α сы	0,24	14 13,4	+19	27	K	4,1	11,1
Чаян α сы	1,22*	16 26,3	—26	19	M	5,1	52,5
Лира α сы	0,14	18 35,2	+38	41	A	10,6	8,1
Каракош α сы	0,89	19 48,3	+ 8	44	F	8,4	5,0
Аккош α сы	1,33	20 39,7	+45	06	A	9,8	290
Көнъяк Балыгы α сы	1,28	22 54,9	—29	53	A	9,8	7,0

* Бераз үзенең яктырышын үзгәртә.

** Чама белән классификацияләнган.

V. Кояш системасының таблицасы

	Әйләнүнен йолдызча периоды, еллар	Әйләнүнен синодик периоды, тәулекләр	Кояштан уртача ераклығы		Орбита- ның эк- липти- кага авыш- лығы	Массасы (Жир мас- сасында)
			астр. бер.	млн. км		
Меркурий	0,241 ¹	116	0,387	58	7°00'	0,06
Венера	0,615 ²	584	0,723	108	3 24	0,82
Жир	1,000	—	1,000	150	—	1,00
Марс	1,881	780	1,524	228	1 51	0,11
Юпитер	11,86	399	5,203	778	1 18	318
Сатурн	29,46	378	9,539	1426	2 29	95,1
Уран	84,01	370	19,18	2869	0 46	14,5
Нептун	164,8	368	30,06	4496	1 46	17,3
Плутон	247,7	367	39,44	5900	17 08	0,002:
Кояш	—	—	—	—	—	330 000

¹ Яки 88 тәулек.
² Яки 225 тәулек.

VI. Күзәтүләргә карата күрсәтмәләр

Астрономияне уңышлы өйрәнү өчен, һәр укучының күк йөзөндәге төп күренешләргә күзәтүгә бик мөһим. Күзәтүләргә, бирелгән урынның һава шартларын исәпкә алып, аяз, болытсыз көнне үткәрү яхшырак. Илебезнең Европа территориясенең урта полосасында күзәтүләргә сентябрь һәм октябрь айларында мөмкин кадәр күбрәк үткәргә тырышырга кирәк, чөнки бу айларда аяз кичләр күбрәк һәм артык салкын да булмый. Ноябрьдә һәм кышын аяз көннәр бик сирәк була, шулай ук салкыннар да күзәтүгә кыенлаштыра. Марттан башлап, көннәр күбрәк аяз тора, ләкин караңгы көннән-көн соңрак төшә.

Моннан тыш, шуны да истә тотарга кирәк, кайбер астрономик күренешләргә безгә җайлы вакытта күзәтү булмый, аларны булган моментларында күзәтүгә кирәк, ул я төнлә, я иртән генә була, ә тотылулар, гомумән, сирәк очрак. Шуңа күрә һәр мөмкинлектән файдаланырга кирәк.

Теге яки бу күренешләргә күзәтү вакытын һәм аларның күренүчәнлек шартларын «Астрономиядән мәктәп календаре»н һәм йолдызлы күкнең күчмә картасын файдаланып билгеләргә мөмкин.

Күзәтүләргә фонарь һәм өй тәрәзәләреннән яктылык төшмәгән һәм яхшы күренә торган бер үк урында (бигрәк тә күкнең көньяк өлешендә) алып барырга киңәш ителә. Компас, Кояш һәм Қазык йолдыз буенча ори-

Уртача тыгыз- лыгы, 10^3 кг/м^3	Экваториаль диаметры		Кысы- лышы	Күчәр тирәсендә әйләнүнөң йолдызча периоды	Экватор- ның орби- та яссы- лыгына авыш- лыгы	Планета- ларның билгеле булган иярченнәр саны
	Жир диамет- рында	км				
5,4	0,38	4900	0	58,65 тәүл	7°	—
5,2	0,95*	12 100*	0	243,0** тәүл	177°	—
				сәг мин с		
5,5	1,00	12 756	1/298	23 56 4	23°27'	1
4,0	0,53	6800	1/150:	23 37 23	25°	2
1,3	11,2	142 000	1/16	9 50***	3,1°	16 дан да ким түгел
0,6	9,5	120 000	1/10	10 14	26,4°	17 дән дә ким түгел
1,3	3,9	50 000	1/40:	10,8 сәг**:	98°	14
1,6	3,9	50 000	1/60	15,8 сәг:	29°	2?
1—1,5:	0,2	2800:	?	6,4 тәүл	?	1
1,4	109,1	1 392 000	0	25,4 тәүл	7°15'	—
* Каты өслек диаметры.				(:) ике нокта саннарның тө- гәлсезлеген күрсәтә.		
** Кирегә әйләнү.						
*** Экваторда.						

зонтның якларын билгеләргә кирәк. Тиешле вакытта йолдызлар картасына карап алу, язу яки махсус күзәтүләр дәфтәренә рәсем ясап алу өчен (анда, барыннан да элек, теге яки бу күзәтүне үткәрү датасын һәм вакытын күрсәтергә кирәк,) янында аз гына яктылык бирә торган кесә фснаре булдыру яхшы.

Гади күз белән түбәндәге күзәтүләрне үткәрергә мөмкин:

1. *Кояш чыгу яки бату ноктасының торышы үзгәрү.* Шул максатта айга ике мәртәбә (якынча 2 атна аша) Кояш бату (яки чыгу) вакытын билгеләргә һәм күренмә горизонтта әйләнә-тирәдәге ерак предметларга карата Кояшның бату (чыгу) ноктасының торышы рәсемен ясарга. Бер үк урыннан үткәрелгән күзәтүләр вакыт үтү белән бу ноктаның торышы үзгәрүенә ышанырга мөмкинлек бирә.

2. *Айның күренмә хәрәкәте һәм фазалары.* Бу күзәтүләрне Ай Кояш батуга горизонт өстендә нәзек кенә урап кебек булып күренгән кичтә үткәрә башлау яхшырак. Ай күренешенен рәсемен ясарга, Кояшның бату ноктасынан аның якынча почмакча ераклыгын табарга һәм күзәтүләрне алга таба көн саен кичләрен чама белән бер үк вакытта (Кояш батканнан соң ук) кабатларга. Шул рәвешле Айның экренләп фазалары үзгәрешен һәм аның

күк гөмбәсендә күкнең тәүлеклек әйләнешенә каршы юнәлештә күчешен күзәтергә мөмкин булыр.

Калган барлык күзәтүләрне әңгер-менгер вакыт үтеп, тонык йолдызлар да күренерлек булгач үткәргә кирәк. Шуны истә тотарга кирәк, тулы ай вакытында Ай яктысы йолдызларны күзәтергә комачаулай.

3. *Йолдызлыklar һәм яктырак йолдызлар белән танышуны* йолдызлы күкне күзәтүнең беренче көннәреннән үк башларга кирәк. Йолдызларның күчмә картасыннан файдаланып, Зур Жидегән, Кечкенә Жидегән, шулай ук Аккош, Лира, Каракош йолдызлыklarын һәм алардагы якты (1 нче йолдызча зурлыктагы) Вега, Денеб һәм Альтаир йолдызларын табарга һәм аларны истә калдырырга кирәк. Күзәтүләр дәфтәрендә күкнең көньягында кичен нинди йолдызлыklar күренүен язып кую файдалы. Йолдызлыklarның урнашу рәвешен онытмас өчен, аларны әледән-әле күк йөзәндә табарга кирәк.

4. *Күк йөзәнең тәүлеклек әйләнеше.* Йолдызлыklarны күзәтә башлауга, нинди дә булса якты йолдызларның горизонтка карата торышын билгеләп куегыз. Бер-ике сәгатьтән күзәтүне кабатлагыз һәм күк йөзәнең тәүлеклек әйләнүе нәтижәсендә йолдызларның күчүенә ышаныгыз. Күк йөзәнең Қазык йолдыз өлкәсен, дәреслектә тасвирланганча, 1 сәгатьтән дә ким булмаган экспозиция белән фоторәсемгә төшереп алу яхшы булыр. Ул вакытта сез күк йөзәнең әйләнүен документаль рәвештә расларсыз (§ 3.3 не кара).

5. *Йолдызлы күкнең ел давамында күренеше үзгәрү.* Кышын йолдызлы күк йөзә беренче күзәтүдән соң 2—3 ай үткәч, ә аннары яз көне күк йөзәндә кабат үзгәргә таныш поляр йолдызлыklarны һәм шулай ук, якты йолдызлары Альдебаран, Бетельгейзе һәм Сириус белән бергә, Үгез Бозау, Орион, Зур Эт йолдызлыklarын табыгыз. Күзәтүләр вакытында бу якты йолдызларның температураларына тиндәшле төсләренә игътибар итегез. Көзгә күк йөзәнең көньягында нинди йолдызлыklar күзәтүгә исе-гезгә төшерегез һәм йолдызлы күкнең ел дәверендә үзгәрүенә ышаныгыз.

6. *Метеорларны күзәтү.* Метеорларны жир нинди дә булса метеор агышы белән очрашканда күзәтү яхшырак. Күзәтү датасын һәм радиантының кайсы йолдызлыкта булуын «Астрономия мәктәп календаре»ннан белергә мөмкин.

7. *Планеталарның хәрәкәте.* Астрономия календареннан һәм йолдызлар картасыннан файдаланып, үзгәргәчкә укытучы ярдәмендә күк йөзәндә шул айда күренә торган планеталарны табыгыз. Бу күзәтүне сентябрь аенда үткәргәчкә һәм планеталарның, йолдызлар һәм йолдызлыklar арасындагы торышын күрсәтеп, рәсемен ясагыз. 1—2 айдан соң кая күчкән ачыкларга.

Укытучы житәкчеләгендә телескоп яки бинокль (бинокуляр) аша үткәрелә торган күзәтүләр

Күрсәтелгән приборлар ярдәмендә түбәндәгеләрне күрергә мөмкин:

1. Қояш тапларын (кара фильтр аша карау мәжбүри); 2) Айда көн һәм төн чикләренә ачык булмавын, Айның иң зур кратерларын; 3) Юпитер иярченнәрен һәм Сатурн божраларын; 4) Кичек Қаз Юлының йолдызча структурасын; 5) Иләк йолдыз тупланышын; 6) Зур Жидегән һәм Лира йолдызлыklarында куш йолдызларны; 7) Андромеда (көзгә) йолдызлыгындагы галактиканы; 8) Орионда (кышын) газ томанлыгын.

VII. Йолдызлы күкнең күчмә картасы белән эш итү

Жирнең үз күчәре тирәсендә тәүлеклек һәм Қояш тирәсендә еллык әйләнүе сәбәпле, йолдызларның горизонтка карата торышлары өзлексез үзгәрәп тора. Аларның торышлары бер үк тәүлекнең төрле сәгатьләрендә дә, төрле айларда тәүлекнең бер үк кичке сәгатьләрендә дә төрлечә була. Йолдызлы күкнең күчмә картасы йолдызларның горизонтка карата торышларын вакытның теләсә кайсы моменты өчен табарга мөмкинлек бирә.

Карта белән эш итү өчен, аны тиешенчә урнаштыра һәм аннан файдалана белергә кирәк.

Барыннан да элек картаны һәм куелма түгәрәкне катыргыга ябыштырырга кирәк; аннары битләргә саклык белән генә түгәрәкләп кисеп чыгалар, ә куелма түгәрәкнең уртасын билгеләп бер киңлекне (картадан файдалана торган урынның киңлеген) күрсәткән йомык сызык буенча уеп алалар. Мәсәлән, Мәскәү өчен (киңлегә 56°) 55° тамгалы сызык буенча кисәләр һ. б.

Картадан түбәндәгечә файдаланалар: куелма түгәрәкне карта өстенә куялар, бу вакытта безгә кирәкле сәгать (сәгатьләр куелма түгәрәк кырыенда язылган) безнең күзәтү датасына тиндәш датага туры килергә тиеш (айлар һәм числolar йолдызлар картасының кырыенда күрсәтелгән). Ул чагында шул моментта горизонт өстендә була торган йолдызлыктар һәм йолдызлар куелма түгәрәкнең уелмасы эчендә булырлар; аларның юнәлешләре һәм горизонтка карата торышлары нәкъ картада күрсәтелгәнчә булыр.

Куелма түгәрәк уелмасының кырыйлары — горизонтны, ә үзәге зенитны күрсәтер (горизонт нокталары куелма түгәрәктә күрсәтелгән).

Әгәр картаны өскә күтәрәп, «төньяк» дип язылган кырыен горизонтның төньяк ноктасына юнәлтсәк, картаның күрсәтүе күзәтелә торган йолдызлы күккә тулысынча туры килер. Карта өстәлдә ятканда, аның югарыдагы йолдызларның торышларын күрсәтүен истән чыгармаса һәм, йолдызларның сурәтләрен күнелдән горизонт яклары юнәлешләренә туры китереп, күк йөзенә күчерергә кирәк.

Карта белән эш иткәндә йолдызлыктарның картада берникадәр бозылып, сузынчырак итеп күрсәтелүен истән чыгармаса кирәк, чөнки күк сферасын, Жир шары кебек үк, яссылыкта төгәл күрсәтеп булмый.

Картадагы радиаль сызыктар — авышу түгәрәкләре. Аларга туры килә торган туры күтәрелеш сәгатьләре карта кырыенда күрсәтелгән (авышунун дүрт түгәрәгенә цифрлар куелган). Яктырткычларның авышуларын исәпләү өчен 30° саен үткәрелгән концентрик әйләнәләр хезмәт итә (үзәктән өченче әйләнә — күк экваторы, авышлыгы 0°). Карта 45° ка кадәр авышкан йолдызларны эченә ала (4 нче зурлыктагы йолдызлар да кертелгән).

Картадагы эксцентрик түгәрәк — эклиптика, аның күк экваторы белән кисешү нокталарының туры күтәрелеше: 0 сәгать (язгы көн-төн тигезлеген ноктасы) һәм 12 сәгать (көзге көн-төн тигезлеген ноктасы).

Эклиптикада Қояшның торышын, мәсәлән, һәр айның егерменче числolarы өчен билгеләп кую яхшы. Ул вакытта йолдызлар картасы күргәзмәләрәк һәм күзәтү өчен җайлырак булыр.

VIII. Иң әһәмиятле астрономик даталар һәм ачышлар

Еллар, безнең эрага кадәр

- 3000 Мисырда, Вавилонда һәм Кытайда астрономиядән беренче язмалар эшлэнгән.
- 1100 Экваторның эклиптика яссылыгына авышлыгын билгеләү (*Чу Конг, Кытай*).
- 360 Жир, Ай һәм башка күк жисемнәрен шар рәвешендә күзаллау файдасына дәлилләр китерелә (*Аристотель, Греция*).
- 280 Александрия астрономнары йолдызлы күк йөзен системалы рәвештә күзәтә башлыйлар (*Аристилл, Тимохарис*).
- 265 Жирнең үз күчәре һәм Кояш тирәсендә хәрәкәт итүе турында фикерләр әйтелә, беренче тапкыр Кояшка һәм Айга кадәр ераклык билгеләнә (*Аристарх Самосский, Греция*).
- 240 Жир шарының үлчәмнәре билгеләнә (*Эратосфен, Александрия*).
- 140—120 Кояш, Ай хәрәкәтенең беренче таблицалары, 1022 йолдызны эченә алган һәм күрәнмә яктыртучанлыкларынан чыгып, йолдызча зурлыклары буенча бүлгәлэнгән йолдызлар каталогы төзелә (*Гиппарх, Александрия*).
- 46 Рим империясендә Юлиан календаре кертелә (*Созиген, Александрия*).

Еллар, безнең эраныкы

- 150 Александрия галиме *Клавдий Птолемей* тарафыннан дөньяның геоцентрик системасы турындагы хезмәте — «Альмагест» иҗат ителә.
- 1031 *Бируни* Жир әйләнәсенен озынлыгын билгели (*Хорезм*).
- 1425 *Улугбек* житәкчелегендә Сәмәрканд янында дөньяда иң зур обсерватория төзелеп бетә.
- 1543 *Н. Коперник*ның дөньяның гелиоцентрик система икәнен раслаган «Күк сферасының әйләнүләре» турындагы китабы дөнья күрә.
- 1582 Кайбер Европа илләрендә григориан календаре кертелә.
- 1584 *Дж. Бруно*ның «Чиксезлек, Галәм һәм дөнья турында» дигән хезмәте дөнья күрә (*Италия*).
- 1610 Телескоп ярдәмендә астрономик күзәтүләр башлана (*Г. Галилей, Италия*).
- 1609—1619 Планеталарның Кояш тирәсендә хәрәкәт законнары ачыла (*И. Кеплер, Германия*).
- 1632 *Г. Галилей*ның «Дөньяның төп ике системасы — Птолемей һәм Коперник системалары турында диалог» дигән күренекле хезмәте басылып чыга. Анда ул дөньяның гелиоцентрик система булуы турындагы Коперник тәгълиматын яклый.

- 1671—1673 Марсның каршыда торышын күзәтүләрдән чыгып, беренче тапкыр Қояшның параллаксы (9,5") билгеләнә (Д. Кассини Ж. Рише, Франция).
- 1687 Бөтендөнья тартылуы теориясе ижат ителә (И. Ньютон, Англия).
- 1705 Қайбер кометаларның периодик рәвештә кире кайтулары раслана (Э. Галлей, Англия).
- 1719 Йолдызларның үз хәрәкәтләрен ачу (Э. Галлей, Англия).
- 1755 Немец философы И. Кантның «Гомум табигать тарихы һәм күк теориясе» дигән хезмәте дөнья күрә. Ул анда космологик күзаллаулар һәм космогоник гипотезалар турында да сөйли (Германия).
- 1761 Венерада атмосфера булуы ачыла (М. В. Ломоносов, Россия).
- 1781 Уран планетасы ачыла (В. Гершель, Англия).
- 1783 Қояшның йолдызлар арасында хәрәкәт итүе ачыла (В. Гершель, Англия).
- 1794 Метеоритларның космик килеп чыгу законы раслана (Э. Хладни, Германия).
- 1796 П. Лапласның космогоник гипотезаны эченә алган «Дөнья системасын аңлатып бирү» дигән хезмәте дөнья күрә (Франция).
- 1801 Беренче кечкенә планета — Церера астероиды ачыла (Д. Пиацци, Италия).
- 1814 Қояш спектрында йотылу сызыкларын аңлатып бирү (И. Фраунгофер, Германия).
- 1837—1839 Беренче тапкыр йолдыз параллакслары үлчәнә (В. Я. Струве — (Лира α сы, 1837 ел), Россия; Ф. Бессель (61 Аккошның, 1838 ел), Германия; Т. Гендерсон (Центавр α сы, 1839 ел), Англия).
- 1843 Қояш дискисының яқынаючы һәм ерагаючы чигләренә (әйләнү нәтижәсендә) спектрларында сызыкларның күчүе — Доплер эффекты ачылу (Австрия).
- 1846 Нептун планетасы ачылу (И. Галле, Германия).
- 1859—1862 Спектраль анализның ачылуы (Р. Бунзен, Г. Кирхгоф, Германия).
- 1860 Йолдызларның спектроскопиясен ала башлау (В. Хэггинс, Англия).
- 1863 Йолдыз спектрларының беренче классификациясе (А. Секки, Италия).
- 1862—1904 Кометаларның физик табигатен тикшерү, комета койрыкларының классификациясе (Ф. А. Бредихин, Россия).
- 1868 Қояшта гелий барлыгын ачу (Н. Локьер, Англия).
- 1894 Сатурн божраларының метеорит составлы булуын исбатлау (А. А. Белопольский, Россия).
- 1903 Галәм киңлегенә очу ысуллары эшләнә башлай (К. Э. Циолковский, Россия).
- 1900—1910 Яктылыкның тузан кисәкчеләренә һәм газга басым ясауын эксперименталь исбатлау (П. Н. Лебедев, Россия).
- 1905—1913 Қарлә йолдызларны һәм гигант йолдызларны ачу; «спектр —

- яктыртучанлык» диаграммасы (Э. Герцшпрунг, Дания; Г. Рессел, АКШ).
- 1908 Цефеидларның «период — яктыртучанлык» бәйлелеген ачу (Г. Ливитт, АКШ).
- 1916 Йолдызларның эчке төзелешен теоретик тикшерүләр башлана (А. Эддингтон, Англия).
- 1922—1924 Галәмнең стационар түгеллеген теоретик нигезләү (А. А. Фридман, СССР).
- 1924 Галактиканың әйләнүен ачу (Я. Оорт, Голландия).
- 1924 М 31 һәм М 33 галактикаларны йолдызларына бүлү: галактикадан читтәге астрономиянең үсә башлавы (Э. Хаббл, АКШ).
- 1929 Галактика спектрларында «кызылга күчеш»не ачу (Э. Хаббл, АКШ).
- 1929 Галәмдә яктылык йотылуның барлыгын исбатлау (Б. А. Воронцов-Вельяминов, СССР).
- 1930 Плутонның ачылуы (К. Томбо, АКШ).
- 1931 Дулкын озынлыгы 15 м булган космик радионурланышның ачылуы (К. Янский, АКШ).
- 1937 Йолдызларның эчендә бара торган һәм аларның энергия чыганагы булган төш реакцияләренең теориясе ижат ителә (Г. Бете, АКШ).
- 1941 Яңа тип (мениск) телескоп уйлап табыла (Д. Д. Максудов, СССР).
- 1946 Айны радиолокацияләү.
- 1948 Инфракызыл нурларда күзәткәндә Галактиканың төше барлыгын ачу (А. А. Калинин, В. И. Красовский, В. Б. Никонов, СССР).
- 1951 21 см дулкын озынлыгындагы йолдызара водород радионурланышын ачу.
- 1952—1959 Галактика төшләренең активлыгын өйрәнү (В. Я. Амбарцумян, СССР).
- 1957 Үзара тәэсир итешүче галактикаларны ачу (Б. А. Воронцов-Вельяминов, СССР).
- 1963 Квazarларны ачу (М. Шмидт, АКШ).
- 1965 Реликтив радионурланышны табу (А. Пензиас, Р. Вилсон, АКШ).
- 1967 Пульсарларны (нейтрон йолдызларны) ачу.
- 1976 Уран божраларын ачу.
- 1979 Юпитер божраларын һәм Юпитер нярчене Иода сүнмәгән вулканнар барлыгын ачу.

IX. Космик пространствоны өйрөнүдөгө аһамиятле этаплар

1957 ел 4 октябрь	Жирнең беренче ясалма иярчене орбитага чыгарылуы (ИСЗ ¹ «Спутник-1», СССР). Космик эра башлану.
1958 ел 15 май	Комплекслы тикшеренүләр үткөрү өчен орбитага беренче фэнни лаборатория чыгару («Спутник-3», СССР).
1959 ел 4 январь	Космик аппарат икенче космик тизлеккә ирешеп, Қояшның беренче ясалма иярчене булды («Луна-1», СССР).
14 сентябрь	Беренче тапкыр космик аппарат Ай өслегенә барып жите («Луна-2», СССР).
7 октябрь	Беренче тапкыр космик аппарат Айны әйләнеп чыгып, аның безгә күренми торган ягын фоторәсемгә төшерде («Луна-3», СССР).
1960 ел 20 август	Жирнең ясалма иярчененең хайваннар белән жибәрелгән кабинасы беренче тапкыр Жиргә кире кайтарылды («Қорабль-спутник-2», СССР).
1961 ел 12 февраль	Венерага таба беренче космик аппарат жибәрелде («Венера-1», СССР).
12 апрель	Беренче тапкыр кешенең космоска очышы (Ю. А. Гагарин, «Восток» корапле, СССР).
1962 ел 12—15 август	Ике космик корабльнең бер үк вакытта беренче очышы (А. Г. Николаев, «Восток-3» космик корапле һәм П. Р. Попович, «Восток-4» космик корапле).
1963 ел 16—19 июнь	Беренче тапкыр хатын-кызның космоска очуы (В. В. Терешкова, «Восток-6» космик корапле, СССР).
1964 ел 12 октябрь	Беренче тапкыр космик корабльнең берничә кешедән торган экипаж белән орбитага чыгарылуы (В. М. Комаров, К. П. Феоктистов, Б. Б. Егоров «Восход» космик корапле, СССР).
1965 ел 18 март	Космик корабльдән кешенең беренче тапкыр ачык космоска чыгуы (А. А. Леонов, «Восход-2» космик корапле, СССР).
1966 ел 3 февраль	Космик корабльне беренче тапкыр Айга салмак утырту һәм Ай панорамасының телевизион сурәтен Жиргә тапшыру («Луна-9», СССР).
1 март	Беренче планетаара космик корабль Венерага барып жите («Венера-3», СССР).
3 апрель	Айның беренче ясалма иярчене («Луна-10», СССР).

¹ ИСЗ — Искусственный спутник Земли сүзләренең баш хәрефләре.

1967 ел 27 январь	Ай һәм башка күк жисемнәрен дә кертеп, космик пространствоны тикшерү һәм файдалану буенча дәүләтләрнең хезмәттәшлек принциплары турындагы Договорга кул куела.
18 октябрь	Космик аппаратның башка планета атмосферасында беренче тапкыр салмак төшерелүе («Венера-4», СССР).
30 октябрь	Жирнең ясалма ике иярчененең беренче тапкыр автомат рәвештә тоташуы («Космос-186» һәм «Космос-188», СССР).
1968 ел 22 апрель	Космик пространствога жибәрелә торган космонавтларны коткару, космонавтларны һәм объектларны кайтарып бирү турындагы Килешүгә кул куела.
1969 ел 21 июль	Кешеләрнең беренче тапкыр Ай өслегенә чыгулары (<i>Н. Армстронг, Э. Олдрин</i> , «Аполлон-11» космик корапле, АКШ).
14 октябрь	Социалистик илләрнең Жирнең ясалма иярчене орбитага чыгарылу («Интеркосмос-1»).
1970 ел 24 сентябрь	Автомат космик аппарат белән Жиргә беренче тапкыр Ай туфрагын кайтарту («Луна-16», СССР).
17 ноябрь	Айга беренче тапкыр үзйөрешле «Луноход-1» аппаратын илтеп житкерү («Луна-17», СССР).
15 декабрь	Планетаара космик аппаратны беренче тапкыр Венерага салмак утырту («Венера-7», СССР).
1971 ел 19 апрель	Орбитага беренче орбиталь станция чыгарылды («Салют», СССР).
27 ноябрь	Планетаара космик аппарат беренче тапкыр Марс өслегенә барып житте («Марс-2», СССР).
2 декабрь	Планетаара космик аппаратны Марска беренче тапкыр салмак утырту («Марс-3», СССР).
1973 ел 4 декабрь	Планетаара космик аппаратлар белән очып үтү траекториясеннән Юпитерны беренче тикшерүләр үткәрелде («Пионер-10», АКШ).
1974 ел 29 март	Планетаара космик аппаратлар белән очып үтү траекториясеннән Меркурийны беренче тикшерүләр үткәрелде («Маринер-10», АКШ).
1975 ел 17 июль	Төрле илләрнең идарә ителә торган ике космик кораблен беренче тапкыр тоташтыру (<i>А. А. Леонов, В. Н. Кубасов</i> , «Союз-19», СССР; <i>Т. Стаффорд, Д. Слейтон, В. Бранд</i> , «Аполлон», АКШ).
22 октябрь	Венера тирәли орбитага беренче ясалма иярчен чыгарылып, Жиргә беренче тапкыр Венера өслегенәң телевизион сурәте тапшырылды («Венера-9», СССР).

1976 ел 20 июль	Планетаара космик аппарат белән Марс өслегендә беренче тикшеренүләр үткәрелде («Викинг-1», АКШ).
1978 ел 2 март	«Союз-28» космик кораблендә беренче халыкара экипажның орбитага чыгарылуы һәм аның «Салют-6» станциясенә күчүе (А. А. Губарев, СССР; В. Ремек, ЧССР).
1979 ел 1 сентябрь	Планетаара космик аппарат белән очып үтү траекториясеннән Сатурнны беренче тикшерүләр үткәрелде («Пионер-II», АКШ).
18 декабрь	Айда һәм башка күк жисемнәрендә дәүләтләрнең эшчәнлеген турсындагы Килешүгә кул куелды.
1983 ел 10 һәм 14 октябрь	«Венера-15» һәм «Венера-16» космик аппаратлары Венера тирәли орбитага чыгарылды һәм радиолокация ярдәмендә планетаның картасы төшереп алынды (СССР).
1984 ел 8 февраль — 2 октябрь	Космоста давамлы иң озак очыш (236 тәүлек 22 сәг 49 мин, Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев, О. Ю. Атьков, «Союз Т-10», «Союз Т-11» космик корабльләре, «Салют-7» станциясе, СССР).
15, 21 декабрь	Венераны һәм Галлей кометасын тикшерү максатында, («Вега-1» һәм «Вега-2» планетаара космик аппаратлары җибәрелде, СССР).
1985 ел июнь	Венера атмосферасын аэростат ярдәмендә тикшерү («Вега-1» һәм «Вега-2» космик аппаратлары, СССР).
1986 ел январь	Планетаара космик аппаратлар белән очып үтү траекториясеннән Уранны беренче тикшерүләр үткәрелде («Пионер-11», АКШ).
март	Галлей кометасын космик аппаратлар белән очып үтү траекториясеннән тикшерү («Вега-1», «Вега-2», СССР).

Х. Тәкъдим ителә торган әдәбият исемлеге

1. Астрономия курсының төрле сораулары буенча китаплар

- Бялко А. В. Наша планета — Земля.— М.: Наука, 1983.
Воронцов-Вельяминов Б. А. Лаплас.— М.: Наука, 1985.
Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной.— М.: Наука, 1980.
Дагаев М. М. Книга для чтения по астрономии.— М.: Просвещение, 1980.
Еремеева А. И. Астрономическая картина мира и ее творцы.— М.: Наука, 1984.
Ефремов Ю. Н. В глубины Вселенной.— М.: Наука, 1984.
Засов А. В. Карликовые галактики.— М.: Знание, 1984.
Климишин И. А. Астрономия наших дней.— М.: Наука, 1980.
Кононович Э. В. Солнце — дневная звезда.— М.: Просвещение, 1982.
Кузьмин А. Д. Планета Венера.— М.: Наука, 1981.
Мирошниченко Л. И. Солнечная активность и Земля.— М.: Наука, 1981.
Михайлов А. А. Земля и ее вращение.— М.: Наука, 1984.
Метлов В. Г. Взаимодействие галактики.— М.: Знание, 1985.
Новиков И. Д. Эволюция Вселенной.— М.: Наука, 1983.
Силкин Б. И. В мире множества лун.— М.: Наука, 1982.
Симоненко А. Н. Метеориты — осколки астероидов.— М.: Наука, 1979.
Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум.— М.: Наука, 1984.

II Күзәтүләр үткәрү һәм үзең ясаган приборлар һәм инструментлар хәзерләү буенча ярдәмлекләр

- Андрианов Н. К., Марленский А. Д. Астрономические наблюдения в школе.— М.: Просвещение, 1987.
Воронцов-Вельяминов Б. А. Сборник задач по астрономии.— М.: Просвещение, 1980.
Дагаев М. М. Наблюдения звездного неба.— М.: Наука, 1983.
Зигель Ф. Ю. Звездная азбука.— М.: Просвещение, 1980.
Навашин М. С. Телескоп астронома-любителя.— М.: Наука, 1979.
Сикорук Л. Л. Телескоп для любителей астрономии.— М.: Наука, 1982.
Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдения.— М.: Наука, 1980.
Шевченко В. В. Луна и ее наблюдения.— М.: Наука, 1983.
Школьный астрономический календарь /Сост. М. М. Дагаев.— М.: Просвещение (издается на каждый учебный год).
Энциклопедический словарь юного астронома.— М.: Педагогика, 1980.

КҮНЕГҮЛЭРГЭ ЖАВАПЛАР

- 1 нче күнегү. 3. $138^{\circ}47'45''$.
- 3 нче күнегү. 1. 4° . 2. $\delta = \varphi$; $\delta = -(90^{\circ} - \varphi)$. 4. $\delta > (90^{\circ} - \varphi)$; $\delta < (90^{\circ} - \varphi)$.
- 4 нче күнегү. 1. $23^{\circ}27'$. 2. 21 март һәм 23 сентябрь. 3. $66^{\circ}33'$.
- 5 нче күнегү. 1. Көнбатышта. 3. 27,3 тәүл. аша.
- 7 нче күнегү. 1. 398 тәүл. аша. 2. $3/4$ яки $3/2$ ел. 3. 2 ел.
- 8 нче күнегү. 1. 687 тәүл. 2. $\approx 2,4$ сэг. 3. Эчке планета өчен 0,69 а. б., тышкысы өчен 2,4 а. б.
- 9 нчы күнегү. 1. ≈ 3 м. 2. 1854 м.
- 10 нчы күнегү. 1. $2,2''$. 2. $\approx 1^{\circ}$; $\approx 54'$.
- 11 нче күнегү. 1. ≈ 389 тапкыр. 2. $45''$. 3. ≈ 16 тапкыр. 5. Жир өчен 1,03, Марс өчен 1,2.
- 12 нче күнегү. 1. $\approx 4,4 \cdot 10^3$ кг/м³. 2. $6 \cdot 10^{24}$ кг.
- 13 нче күнегү. 1. $\approx 320 M_{\oplus}$. 2. Жир белән Ай арасында яткан нокта өчен $54 R_{\oplus}$, Жир—Ай сызыгында, Ай артында яткан нокта өчен $67,5 R_{\oplus}$.
- 14 нче күнегү. 2. ≈ 48 км/с.
- 15 нче күнегү. 2. $\approx 1,9$ км.
- 16 нчы күнегү. 1. ≈ 145 км. 2. $20'$.
- 17 нче күнегү. 2. ≈ 18 а. б. 4. 2,2 м.
- 18 нче күнегү. 1. $\approx 3,3 \cdot 10^{10}$ Дж. 2. $\approx 2 \cdot 10^{-4}$ Вт/кг.
- 19 нчы күнегү. 2. ≈ 3300 К.
- 20 нче күнегү. 1. $\approx 11,6$ тапкыр; $\approx 10^{10}$ тапкыр. 2. $m_2 - m_1 \approx 3$. 3. $\approx 29,3$ яктылык елы. 4. 145 000 ел. 5. 100 тапкыр $M_1 = 1$, $M_2 = 6$.
- 21 нче күнегү. 1. 7,5 Кояш массасы. 2. 257 тәүл. 3. ≈ 10 Кояш массасы
- 22 нче күнегү. 1. 14 000 тапкыр. 2. $\approx 1,5 \cdot 10^{-3}$ кг/м³.
- 23 нче күнегү. 1. 100 тапкыр. 2. $\approx 6 \cdot 10^3$ пк.
- 24 нче күнегү. 1. 10^4 пк; 3 пк; 20.
- 25 нче күнегү. 1. ≈ 5 км/с. 2. 11 км/с.
- 26 нчы күнегү. 1. 150 Мпк; 15 000 пк. 2. 10^6 пк; 100 км/с.

РУСЧА-ТАТАРЧА АТАМАЛАР ҺӘМ ИСЕМНӘР КҮРСӘТКЕЧЕ

- Авышу (склонение) 18
Азимут 10
Ай (Луна) 4, 23—27, 76—78
Айда физик шартлар (физические условия на луне) 76
Айның күренмә хәрәкәте (видимое движение Луны) 27
— рельефы (рельеф Луны) 77
— фазалары (фазы Луны) 27
— хәрәкәте (движение Луны) 23—25
Ай параллаксы (параллакс Луны) 50
Алголь 129—131
Амбарцумян В. А. 148, 164
Андромеда томанлыгы (туманность Андромеды) 158
Апекс 150
Астероидлар (астероиды) 40, 95
Астрономик берәмлек (астрономическая единица) 46, 50
Астрономия 3
Атмосферадан читтәге астрономия (астрономия внеатмосферная) 68
Афелий 44

Базис 47
Белопольский А. А. 93, 94
Биеклек (высота) 10
Болид 96
Бредихин Ф. А. 101
Бруно Джордано 38

Венера 39, 83—85

Галактика 4, 144
Галактика яссылыгы (галактическая плоскость) 144
Галактикалар (галактики) 6, 158—164
Галактиканың әйләнүе (вращение галактики) 151
Галактиканың үлчәмнәре (размеры галактики) 145
Галилей 38
Галәм (Вселенная) 4, 5

Галәмнең киңәюе (расширение Вселенной) 167
Гершель 144, 146, 158
Герцшпрунг — Рессел (төс-яктылык) диаграммасы (диаграмма Герцшпрунга — Рессела «цвет — светимость») 141
Горизонт яссылыгы 16
Гранулалар (гранулы) 115
Григорий календаре (григорианский календарь) 35

Доплер эффекты (эффект Доплера) 66
Дөнья күчәре (ось мира) 16
Дөньяның гелиоцентрик системасы (Коперникныкы) гелиоцентрическая система мира (Коперника) 36
Дөньяның геоцентрик системасы (Птолемейныкы) (геоцентрическая система мира (Птолемея) 36
Дөнья полюсы (полюс мира) 16
— — ның биеклеге (высота полюса мира) 19

Зенит 16
Зодиакаль йолдызлыктар (созвездия зодиакальные) 25
Зодиак поясы (пояс зодиака) 25

Йолдыз тупланышлары (звездные скопления) 147
Йолдызара тузан (межзвездная пыль) 152, 153
Йолдызлар (звезды) 6, 13
— ,ак кәрләләр (белые карлики) 133, 141
— ,визуаль-куш (визуально-двойные) 127
— ,кызыл гигантлар (красные гиганты) 124, 141
— ,кызыл кәрләләр (красные карлики) 124, 133

- ,нейтрон (нейтронные) 142
- ,оптик-куш 127
- ,спектраль-куш (спектрально-двойные) 129
- ,супергигантлар (свrexгиганты) 124, 133, 141
- ,тотылышлы-куш (затменно-двойные) 129
- ,иң яңа (сверхновые) 138
- ,цефеидлар (цефеиды) 135, 136
- ,үзгәрешле (переменные) 135
- ,яңа (новые) 137, 141
- Йолдызлар эзлеклелеге (последовательности звездные) 141
- Йолдызларның ассоциациясе (ассоциации звездные) 148
- Йолдызларның спектры (спектр звезд) 124, 125
- Йолдызларның үз хәрәкәте (собственное движение звезд) 149
- Йолдызларның үсеш процессы (эволюция звезд) 141, 142
- Йолдызның температурасы (температура звезды) 124, 125
 - тыгызлыгы (плотность) 132
 - төсе (цвет) 13, 124
 - яктыртучанлыгы (светимость) 122, 140
 - үлчәме (размер) 132
- Йолдызлыктар (созвездия) 12
- Йолдызча зурлык (звездная величина) 14, 122
- Календарь 33—35
- Каршыда торыш (противостояние) 42
- Квазарлар (квазары) 165
- Кеплер И. 44, 45
- Кеплер законнары (законы Кеплера) 44, 45
- Киек Каз Юлы (Млечный путь) 144
- Кометалар (кометы) 40, 99—102
- Коперник Н. 36, 37
- Космик нурлар (космические лучи) 157
- Космик тизлекләр (космические скорости) 52, 53
- Космогония 105
- Космология 167
- Кояш (Солнце) 4, 23—25, 40
 - активлыгы (активность) 114
 - атмосферасы (атмосфера) 114, 115
 - елы (год солнечный) 34
 - кабынышлары (вспышки) 118
- Кояш параллаксы (параллакс Солнца) 50
- Кояш системасы (солнечная система) 4, 39, 40
 - системасының хәрәкәте (движение солнечной системы) 150, 151
 - энергиясе (энергия Солнца) 110
 - жиле (солнечный ветер) 102, 116
- Кояш тажы (Солнечная корона) 116
- Кояш торгынлыгы (жәйге, кышкы) (солнцестояние (летнее и зимнее)) 25
 - факеллары (солнечные факелы) 117
- Кояшның төзелеше (строение Солнца) 111
 - хәрәкәте (движение Солнца) 23, 24
- Кояштагы таплар (солнечные пятна) 116
- Кояш тәүлеге (солнечные сутки) 33
- Кульминация 21
- Кушылу (соединение) 41
- Кызылга тайпылу (красное смещение) 160, 161
- Көлсыман төс (пепельный свет) 27
- Көн-төн тигезлеге (язгы һәм көзге) (равноденствие (весеннее и осеннее)) 19, 24
- Күк меридианы (небесный меридиан) 17
- Күк сферасы (небесная сфера) 15, 16
- Күк экваторы (небесный экватор) 17
- Күтәрелешләр (приливы) 56, 57
- Ломоносов М. В. 38
- Магнит давылы (магнитная буря) 73
- Марс 40, 85
- «Масса-яктыртучанлык» бәйлелеге

- (зависимость «масса — светимость») 141
- Меркурий 40, 82
- Метагалактика 166
- Метеор 102
— жисемнәр 40, 96
- Метеорит 96
- Надир 16
- Нейтраль водород (нейтральный водород) 156, 157
- Нептун 40, 55
- Нур буенча тизлек (скорость лучевая) 150
- Обсерватория 60
- Параллакс 49
— горизонталь (горизонтальный) 49
— еллык (годовой параллакс) 120
- Параллактик тайпылыш (параллактическое смещение) 47
- Парсек 121
- Перигелий 44
- Планетаара томанлыклар (планетарные туманности) 154
- Планеталар (планеты) 4, 26, 39
— гигант (планеты-гиганты) 69, 89
— эчке (планеты внутренние) 40
— жир группасы (планеты земной группы) 69, 82
- Планеталарның божралары (кольца планет) 91
- Планеталарның иярченнәре (спутники планет) 91
— Планета хәрәкәте (движение планеты) 26, 38
- Планеталарның йолдызча (сидерик) әйләнү периодлары (период обращения планет звездный (сидерический)) 42, 43
- Планеталарның конфигурациясе (конфигурации планет) 40
- Планеталарның орбиталары (орбиты планет) 52, 53
- Планеталарның синодик әйләнү периодлары (синодические периоды обращения планет) 42, 43
- Плутон 40, 90
- Поляр балкышлар (полярное сияние) 73
- Почмакча ераклык (угловое расстояние) 10
- Пространстводагы тизлек (пространственная скорость) 149
- Протойолдызлар (протозвезды) 155
- Протуберанецлар (протуберанцы) 118
- Птолемей К. 36
- Пульсарлар (пульсары) 142
- Радиянт 104
- Радияцион пояс (радиационный пояс) 72
- Радиогалактика 165
- Радионурланыш (радиоизлучение) 62, 68, 157
- Радиотелескоп 61, 62
- Сатурн 40, 89, 91, 93
- Сидерик ай (сидерический месяц) 27
- Синодик ай (синодический месяц) 28
- Синхротрон нурланыш (синхротронное излучение) 140, 158, 165
- Спектр 63—67
- Спектраль анализ (спектральный анализ) 63
- Струве В. Я. 49, 120, 152, 155
- Тангенциаль тизлек (тангенциальная скорость) 150
- Тайпылышлар (возмущения) 54
- Телескоп 6—9
— менисклы (менисковый) 7
— рефлектор 7
— рефрактор 6
- Терминатор 77
- Томанлыклар (туманности) 152
— ,крабсыман 139, 142
— ,чәчелмә (диффузные) 153
— ,якты (светлые) 152
— ,караңгы (темные) 152
- Тотылулар (затмения) 30

Туры күтәрелеш (прямое восхождение) 18

Төшлек сызыгы (полуденная линия) 16, 33

Уран 40, 93, 94

Фотосфера 114

Хаббл законы (закон Хаббла) 160

Хаббл константасы (постоянная Хаббла) 160

Хромосфера 115

Чын төш вакыты (истинный полдень) 21

Шмидт О. Ю. 106

Эклиптика 23, 24

Эксцентриситет 44, 45

Юлиан календаре (юлианский календарь) 34

Юпитер 40, 89, 91—93

Яктылыкның йолдызара йотылуы (межзвездное поглощение света) 152

Яктырткычларның кульминациядәге биеклеге (высота светил в кульминации) 21

Яктырткычларның тәүлеклек хәрәкәте (суточное движение светил) 19, 20

Жир (Земля) 3, 39

Жирнең атмосферасы (атмосфера Земли) 71

— магнит кыры (магнитное поле Земли) 72

— массасы (масса Земли) 57

— төзелеше (строение Земли) 70

— формасы (форма Земли) 48

— үлчәме (размер Земли) 48

ЭЧТӨЛӨК

I. КЕРЕШ

1. Астрономия фәне	3
1. Астрономия нәрсә өйрәнә. Астрономиянең башка фәннәр белән бәйләнеше, аның әһәмияте	3
2. Галәмнең масштаблары	4
2. Астрономик күзәтүләр һәм телескоплар	6
1. Телескоплар	6
2. Астрономик күзәтүләрнең үзенчәлекләре	9
3. Сезнең күзәтүләрегез	11

II. АСТРОНОМИЯНЕҢ ПРАКТИК НИГЕЗЛӘРЕ

3. Йолдызлыктар. Йолдыз карталары. Күк координаталары	12
1. Йолдызлыктар	12
2. Йолдызларның күренмә яктырышы һәм төсө	13
3. Күк йөзенең тәүлеклек күренмә әйләнеше. Күк сферасы	15
4. Йолдыз карталары һәм күк координаталары	17
4. Астрономик күзәтүләрдән чыгып географик киңлекне билгеләү	19
1. Дөнья полюсының горизонттан биеклеге	19
2. Төрле киңлекләрдә яктырткычларның тәүлеклек хәрәкәте	19
3. Яктырткычларның кульминациядәге биеклеге	21
5. Эклиптика. Кояш белән Айның күренмә хәрәкәте	23
6. Айның хәрәкәте. Кояш һәм Ай тотылу	27
1. Ай Фазалары	27
2. Ай һәм Кояш тотылу	29
7. Вакыт һәм календарь	33
1. Төгәл вакыт һәм географик озынлыкны билгеләү	33
2. Календарь	34

III. КҮК ЖИСЕМНӘРЕНЕҢ ХӘРӘКӘТЕ

8. Дөньяга фәнни караш өчен көрәш	36
9. Кояш системасының составы һәм масштаблары	39
10. Конфигурацияләр һәм планеталарның күренү шарты	40
1. Планеталарның конфигурацияләре	40
2. Планеталар әйләнешенен синодик периоды һәм аның сидерик период белән бәйләнеше	42
11. Кеплер законнары	44
12. Кояш системасындагы жисемнәргә кадәр ераклыкны һәм аларның үлчәмнәрен билгеләү	46

1. Ёраклыкларны билгеләү	46
2. Жирнең үлчәме һәм формасы	48
3. Параллакс. Астрономик берәмлекнең кыйммәте	49
4. Яктырткычларның үлчәмен билгеләү	51
13. Күк жисемнәренең тартылу көче тәэсирендә хәрәкәте	52
1. Космик тизлекләр һәм орбиталарның формасы	52
2. Планеталар хәрәкәтендәге тайпылышлар	54
3. Нептун планетасын ачу	55
4. Күтәрелешләр	56
5. Жирнең массасы һәм тыгызлыгы	57
6. Күк жисемнәренең массасын исәпләү	58

IV. АСТРОФИЗИК ТИКШЕРҮ ЫСУЛЛАРЫ

14. Күк жисемнәренең электромагнитик нурланышын тикшерү. Спектрлар буенча күк жисемнәренең физик үзлекләрен һәм хәрәкәт тизлекләрен билгеләү	60
1. Обсерваторияләр	60
2. Радиотелескоплар	61
3. Спектраль анализы куллану	62
4. Атмосферадан чытәге астрономия	68

V. КОЯШ СИСТЕМАСЫНДАГЫ ЖИСЕМНӘРНЕҢ ФИЗИК ТАБИГАТЕ

15. Планеталарның гомуми характеристикасы. Алар табигатенең физик бәйлеләге	69
16. Жир планетасы	70
1. Төзелеше	70
2. Атмосфера	71
3. Магнит кыры	72
4. СССРның космик пространствоны тынычлык максатларында үзләштерүдәге казанышлары һәм халыкара хезмәттәшлеге	74
17. Ай — Жирнең табигый иярчене	76
1. Айдагы физик шартлар	76
2. Рельефы	77
18. Жир төркемендәге планеталар	82
1. Меркурий	82
2. Венера	83
3. Марс	85
19. Гигант планеталар	89
1. Гигант планеталарның үзгичлелекләре	89
2. Планеталарның иярченнәре һәм божралары	91
20. Кояш системасындагы кечкенә жисемнәр	95
1. Астероидлар	95
2. Болидлар һәм метеоритлар	96

3. Кометалар. Кометаларны ачу һәм аларның хәрәкәте	99
4. Кометаларның физик табигате	100
5. Метеорлар һәм метеор агышлары	102
21. Кояш системасы — барлыкка килүләре бертөрле булган жисемнәр комплексы	105

VI. КОЯШ ҺӘМ ЙОЛДЫЗЛАР

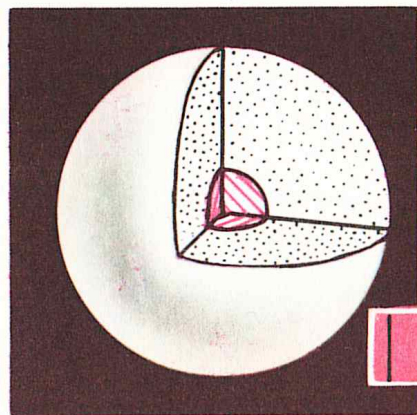
22. Кояш — иң якин йолдыз	110
1. Кояшның энергиясе	110
2. Кояшның төзелеше	111
3. Кояш атмосферасы һәм Кояш активлыгы	114
4. Кояш — Жир бәйләнешләре	118
23. Йолдызларга кадәр ераклыкны билгеләү. Аларның төп характеристикалары	120
1. Еллык параллакс һәм йолдызларга кадәр ераклык	120
2. Күренмә һәм абсолют йолдызча зурлык. Йолдызларның яктыртучанлыгы	122
3. Йолдызларның төсө, спектры һәм температурасы	124
24. Йолдызларның массалары һәм үлчәмнәре	126
1. Куш йолдызлар. Йолдызларның массалары	126
2. Йолдызларның үлчәмнәре. Аларның матдәләренен тыгызлыгы	132
25. Үзгәрешле һәм стационар булмаган йолдызлар	135
1. Цефеидлар	135
2. Яңа йолдызлар	137
3. Иң яңа йолдызлар	138
26. Йолдызлар дөньясындагы иң мөһим үзенчәлекләр. Йолдызларның эволюциясе	140

VII. ГАЛӘМНЕН ТӨЗЕЛЭШЕ ҺӘМ ЭВОЛЮЦИЯСЕ

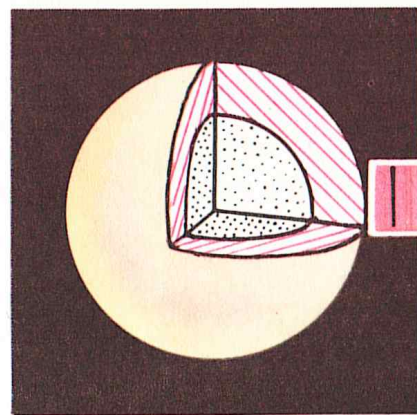
27. Безнең Галактика	144
1. Киск Каз Юлы һәм Галактика	144
2. Йолдыз тупланышлары һәм ассоциацияләре	147
3. Галактикада йолдызларның хәрәкәтләре	149
4. Кояш системасының хәрәкәте	150
5. Галактиканың әйләнүе	151
28. Чәчелмә (диффуз) материя	152
1. Йолдызара тузан һәм газ	152
2. Йолдызларның барлыкка килүе	155
3. Нейтраль-водород һәм молекуляр газ	156
4. Магнит кыры, космик нурлар һәм радионурланыш	157
29. Башка йолдыз системалары — галактикалар	158
1. Галактикаларның төп характеристикалары	158
2. Радиогалактикалар һәм квазарлар	165
30. Дөньяның материалистик картинасы	166
1. Метагалактика һәм космология	166
Кушымталар	171
Күнегүләргә җаваплар	185
Атамалар һәм исемнәр күрсәткече	186

ДИАГРАММА «ЦВЕТ — СВЕТИМОСТЬ»

(Слева — модели внутреннего строения звезд главной последовательности)



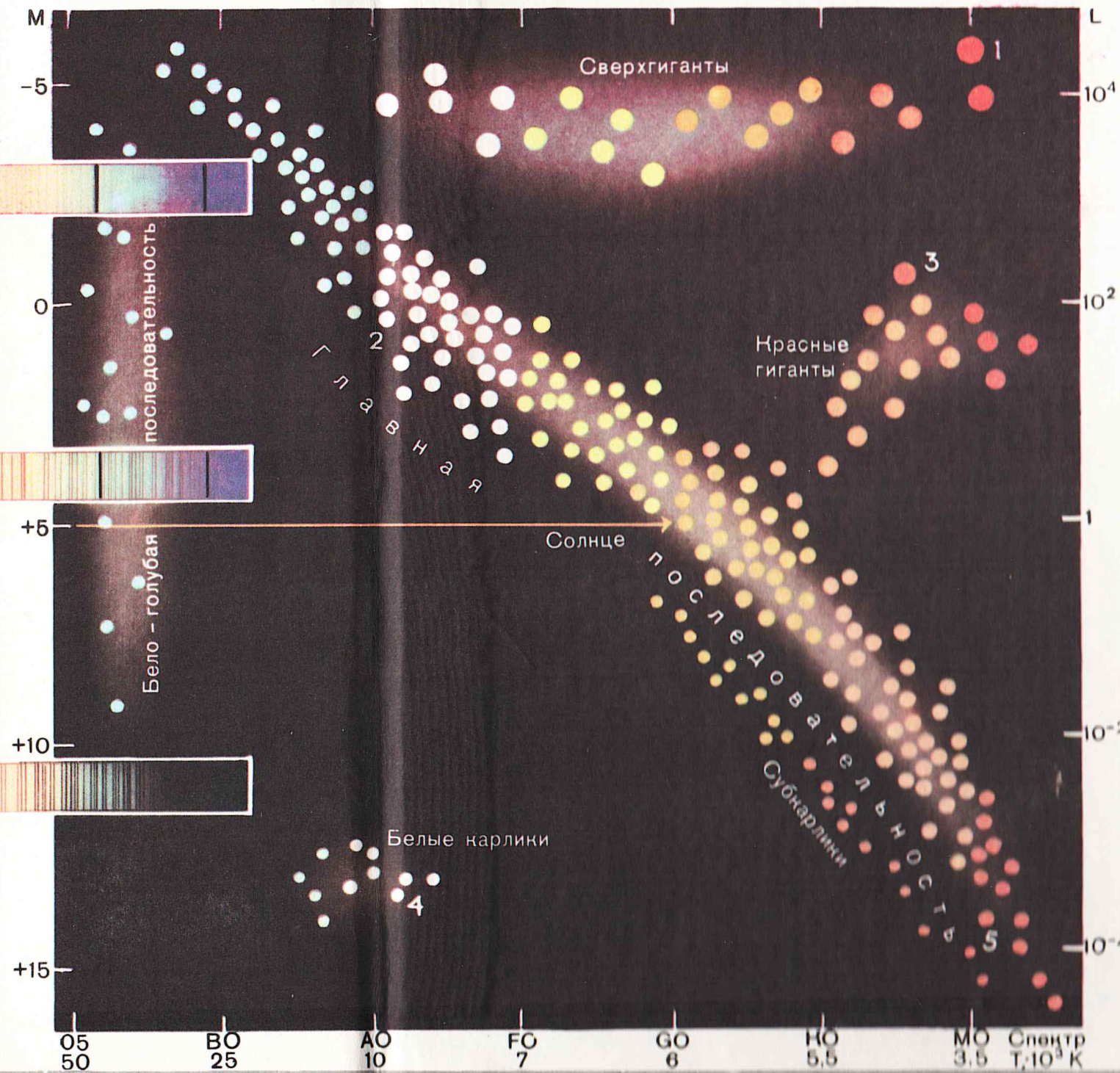
$m > 1 M_{\odot}$



$m = 1 M_{\odot}$



$m < 1 M_{\odot}$



55 тиен.

Учебное издание

Борис Александрович Воронцов-Вельяминов

АСТРОНОМИЯ

Учебник для 10 класса

(перевод с русского на татарский язык)

Редакторы *З. Х. Билалова, Ф. М. Хафизова*

Художество редакторы *Л. С. Золондинова*

Техник редакторы *Ф. Х. Абдрахманова*

Корректорлары *М. М. Мирсалихова, М. Ш. Хайруллина*

ИБ № 4792

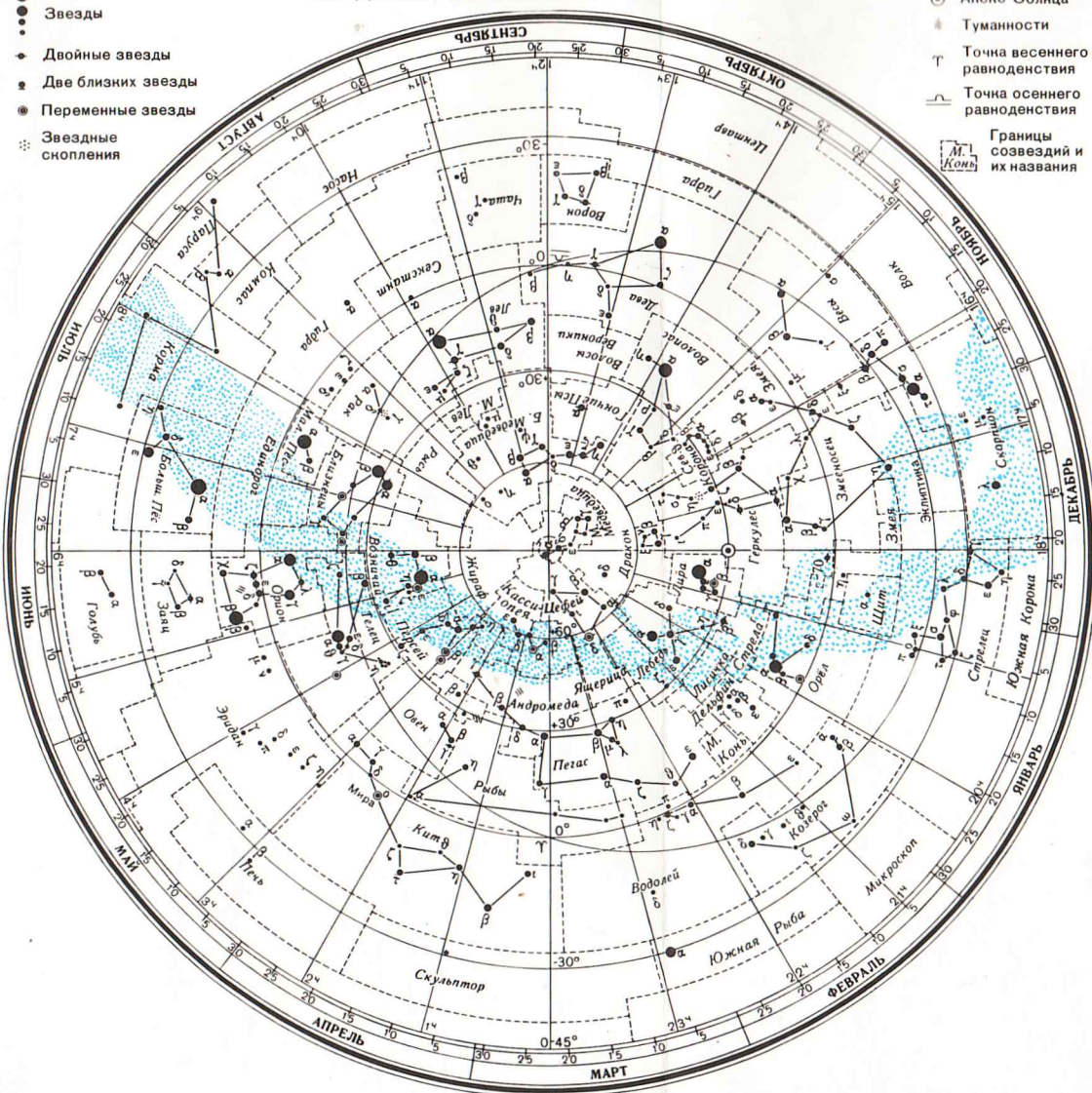
Жыярга тапшырылды 31.12.87. Басарга кул куелды 10.02.88. Форматы 60×90^{1/16}. 100 гр. офсет кәгазе. Литературная гарнитурасы. Офсет басма. Шартлы басма табагы 12,0+рәс. 0,2+форзац 0,3. Шартлы булу-оттиск 50,1. Нәшер-хисап табагы 11,5+рәс. 0,2+форзац 0,4. Тиражы 10 800 экз. Заказ Р-659. Бәясе 55 тиен..

Татарстан китап нәшрияты. 420084, Казан, Бауман ур., 19.

Татарское книжное издательство. 420084, Казань, ул. Баумана, 19.

Татарстан АССР Нәшрият, полиграфия һәм китап сәүдәсе эшләре дәүләт комитетының
Камил Якуб исемендәге полиграфия комбинаты. 420084. Казан, Бауман ур., 19.

ЙОЛДЫЗЛЫ КҮКНЕҢ КҮЧМӘ ҚАРТАСЫ



ПОЛДЫЗЛЫ КҮК ЙӨЗЕ КАРТАСЫНА КҮЕЛМА ТҮГЭРӘК

